# COMPTES RENDUS
## DES SÉANCES
# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MAI 1884.

PRÉSIDENCE DE M. ROLLAND.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture des télégrammes adressés à l'Académie par la Société chimique de Saint-Pétersbourg et par l'Académie des Lincei.

« Saint-Pétersbourg, 16 mai.

» Les chimistes russes présents à la séance mensuelle de la Société déplorent la mort de M. Dumas et transmettent à l'Académie l'expression de leur profonde condoléance.

Mendelejeff. »

« Rome, 18 mai.

» L'Académie des Lincei exprime ses vifs regrets de la perte de son éminent membre étranger Wurtz.

Brioschi. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Note sur un théorème de* M. A. Lindstedt, *concernant le problème des trois corps;* par M. F. **Tisserand**.

« Dans un Travail récent, présenté à l'Académie, et qui a paru avec plus de détails dans les *Annales de l'École Normale* (3e série, t. I, p. 85), M. Lindstedt est arrivé à un théorème nouveau et important; il a pris pour

point de départ le Mémoire célèbre de Lagrange [*Essai sur le problème des trois corps* (*Œuvres de Lagrange*, t. VI)]. En raison de l'importance du sujet, j'ai pensé qu'une autre démonstration du théorème de M. Lindstedt pourrait présenter quelque intérêt; celle à laquelle je suis arrivé trouve sa base dans le travail bien connu de Jacobi [*Sur l'élimination des nœuds dans le problème des trois corps* (*Journal de Liouville*, t. IX)]. J'ai eu recours aussi à un Mémoire important (*a*) de M. Radau [*Sur une transformation des équations différentielles de la Dynamique* (*Annales de l'École Normale*, 1re série, t. V)].

» Je vais donner ici un aperçu de la méthode que j'ai suivie, réservant les détails pour un Mémoire qui paraîtra prochainement dans les *Annales de l'Observatoire*.

» Soient

S, M et M' les trois points matériels, de masses 1, $m$ et $m'$;

G le centre de gravité de S et M;

SM $= r$, GM' $= r'$, $\mu$ et $\mu'$ deux constantes ayant pour expressions

$$\mu = \frac{m}{1+m}, \quad \mu' = m'\frac{1+m}{1+m+m'}.$$

» Par un point fixe O, je mène trois axes rectangulaires fixes, le plan des $xy$ étant parallèle au plan invariable du système; soient ON égal et parallèle à $r$, ON' égal et parallèle à $r'$; $xyz$, $x'y'z'$ les coordonnées des points N et N'; ces coordonnées doivent être déterminées par les équations différentielles suivantes :

$$(1)\quad \begin{cases} \mu\dfrac{d^2x}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial x}, & \mu'\dfrac{d^2x'}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial x'}, \\ \mu\dfrac{d^2y}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial y}, & \mu'\dfrac{d^2y'}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial y'}, \\ \mu\dfrac{d^2z}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial z}, & \mu'\dfrac{d^2z'}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial z'}. \end{cases}$$

U est une fonction de $x, \ldots, z'$ définie par les équations suivantes, où l'on a posé $R = r = MS$, $R' = M'S$, $\Delta = MM'$, $V =$ angle NON' :

$$(2)\quad \begin{cases} R'^2 = r'^2 + \dfrac{2m}{1+m} rr'\cos V + \left(\dfrac{mr}{1+m}\right)^2, \\ \Delta^2 = r'^2 - \dfrac{2}{1+m} rr'\cos V + \left(\dfrac{r}{1+m}\right)^2, \\ U = \dfrac{m}{R} + \dfrac{m'}{R'} + \dfrac{mm'}{\Delta}. \end{cases}$$

» Introduisons la considération des plans des orbites des points N et N′; on sait que le plan de l'orbite de N, à l'époque $t$, est le plan qui contient la droite ON, et la vitesse du point N, au temps $t$.

» Jacobi a montré que la droite OI, suivant laquelle se coupent les plans des orbites, est toujours contenue dans le plan $xOy$.

» Soient

C la constante des aires pour le plan des $xy$;

$\frac{G}{\mu}$ et $\frac{G'}{\mu'}$ les doubles des vitesses aréolaires des rayons vecteurs $r$ et $r'$;

$i$ et $i'$ les inclinaisons des orbites sur le plan invariable;

$I = i + i'$ l'inclinaison mutuelle;

$h$ l'angle $x$OI;

et enfin $v$ et $v'$ les angles ION, ION′, comptés à partir de OI, dans le sens du mouvement.

» On a les équations suivantes :

$$(3)\quad \begin{cases} \cos I = \dfrac{C^2 - G^2 - G'^2}{2GG'}, \\ C\cos i = G + G'\cos I, \quad C\cos i' = G' + G\cos I, \\ C\sin i = G'\sin I, \qquad C\sin i' = G\sin I, \\ \cos V = -\cos v\cos v' - \sin v\sin v'\cos I. \end{cases}$$

On voit que U est maintenant une fonction de $r$, $r'$, $v$, $v'$, G et G′.

» En posant

$$(4)\quad \begin{cases} \rho_1 = \mu\dfrac{dr}{dt}, \quad \rho'_1 = \mu'\dfrac{dr'}{dt}, \\ U_1 = -U + \dfrac{\rho_1^2}{2\mu} + \dfrac{\rho_1'^2}{2\mu'} + \dfrac{G^2}{2\mu r^2} + \dfrac{G'^2}{2\mu' r'^2}. \end{cases}$$

» M. Radau, dans le Mémoire ($a$), est arrivé au système canonique suivant :

$$(5)\quad \begin{cases} \dfrac{dr}{dt} = \dfrac{\partial U_1}{\partial \rho_1}, & \dfrac{dr'}{dt} = \dfrac{\partial U_1}{\partial \rho'_1}, \\ \dfrac{dv}{dt} = \dfrac{\partial U_1}{\partial G}, & \dfrac{dv'}{dt} = \dfrac{\partial U_1}{\partial G'}, \\ \dfrac{d\rho_1}{dt} = -\dfrac{\partial U_1}{\partial r}, & \dfrac{d\rho'_1}{dt} = -\dfrac{\partial U_1}{\partial r'}, \\ \dfrac{dG}{dt} = -\dfrac{\partial U_1}{\partial v}, & \dfrac{dG'}{dt} = -\dfrac{\partial U_1}{\partial v'}. \end{cases}$$

Nous supposerons actuellement, ce qui a lieu dans le système planétaire,

que $m$ et $m'$ soient des nombres petits ; on verra aisément que U se compose de deux parties : la première, $\frac{m}{r}+\frac{m'}{r'}$, est du premier ordre ; l'autre, W, du second ; ainsi

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} U &= \frac{m}{r}+\frac{m'}{r'}+W,\\ W &= m'\left(\frac{1}{R'}-\frac{1}{r'}\right)+\frac{mm'}{\Delta}.\end{aligned}\right.$$

» Soit $U_1^0$ ce que devient l'expression (4) de $U_1$, quand on y remplace U par $\frac{m}{r}+\frac{m'}{r'}$ ; on pourra alors intégrer les équations (1), en y remplaçant $U_1$ par $U_1^0$ ; on trouvera ainsi deux mouvements elliptiques ; en faisant varier les éléments de ces deux mouvements, on cherchera à intégrer les équations (5). Soient, pour ces deux mouvements,

$a$ et $a'$ les demi-grands axes ;
$e$ et $e'$ les excentricités ;
$l$ et $l'$ les anomalies moyennes ;
$g$ et $g'$ les distances angulaires des périhélies, au nœud commun I.

» En posant, en outre,

$$(7)\qquad \left\{\begin{aligned} &k^2=\frac{m}{\mu}=1+m, && k'^2=\frac{m'}{\mu'}=\frac{1+m+m'}{1+m},\\ &L=\mu k\sqrt{a}, && L'=\mu' k'\sqrt{a'},\\ &G=\mu k\sqrt{a(1-e^2)}, && G'=\mu' k'\sqrt{a'(1-e'^2)},\\ &R=W+\frac{1}{2}\left(\frac{\mu^3k^4}{L^2}+\frac{\mu'^3k'^4}{L'^2}\right), \end{aligned}\right.$$

je trouve que les nouvelles variables seront déterminées par les huit équations canoniques suivantes :

$$(8)\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{dL}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial l}, & \frac{dL'}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial l'},\\ \frac{dG}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial g}, & \frac{dG'}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial g'},\\ \frac{dl}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial L}, & \frac{dl'}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial L'},\\ \frac{dg}{dt} &= -\frac{\partial R}{\partial G}, & \frac{dg'}{dt} &= \frac{\partial R}{\partial G'}, \end{aligned}\right.$$

» La fonction R peut être développée comme il suit :

$$(9)\qquad R=-B-\Sigma A\cos(\alpha l+\beta g+\alpha' l'+\beta' g'),$$

où A et B désignent des fonctions de L, G, L′, G′ et $\alpha$, $\beta$, $\alpha'$ et $\beta'$ sont des nombres entiers, positifs ou négatifs.

» Je suis maintenant, pour l'intégration des équations (8), la méthode employée par Delaunay dans sa *Théorie du mouvement de la Lune*, méthode que j'ai généralisée autrefois, dans un Mémoire (*b*) (*Journal de Liouville*, 2e série, t. XIII, p. 290-303).

» Considérant le terme B non périodique, et un seul terme périodique de l'expression (9) de R, c'est-à-dire

$$R_0 = -B - A\cos(\alpha l + \beta g + \alpha' l' + \beta' g'),$$

je montre qu'on peut intégrer rigoureusement les équations (8), en y remplaçant R par $R_0$. Soient $L_1$, $G_1$, $l_1$, $g_1$, $L'_1$, $G'_1$, $l'_1$, $g'_1$ les constantes (convenablement choisies), introduites par l'intégration; je fais varier ces constantes, pour intégrer les équations (8), où R est remplacé par son expression complète (9).

» Je renvoie au Mémoire (*b*) pour le détail des opérations, qui ne saurait trouver place ici; il arrive que les nouvelles variables $L_1$, ..., $g'_1$ dépendent d'un système d'équations différentielles canoniques, entièrement semblable au système (8); la fonction R est alors remplacée par une autre fonction $R_1$, qui ne diffère de R que par la partie non périodique, et ne contient plus le terme périodique considéré plus haut.

» On peut continuer ainsi à épuiser tous les termes périodiques sensibles, et, après *n* opérations, on trouvera

$$\frac{dL_n}{dt} = \frac{\partial R_n}{\partial L_n} = 0;$$

donc $L_n$, $G_n$, $L_n$, $G'_n$ seront constants; on aura ensuite

$$\frac{dl_n}{dt} = -\frac{\partial R_n}{\partial L_n};$$

donc $\frac{dl_n}{dt}$ sera constant, et l'on aura

$$l_n = a + a_1 t = \sigma,$$
$$g_n = b + b_1 t = \tau,$$
$$l'_n = a' + a'_1 t = \sigma',$$
$$g'_n = b' + b'_1 t = \tau';$$

$\sigma$, $\tau$, $\sigma'$ et $\tau'$ sont donc quatre arguments variant chacun proportionnellement au temps.

» En remontant, on pourra exprimer $L_{n-1}, \ldots, g'_{n-1}, \ldots, L, G, L', G'$, $l, g, l', g'$, et aussi $r, r', v, v'$, R, R' et $\Delta$, à l'aide de ces quatre arguments.

» On arrive ainsi au théorème de M. Lindstedt :

» *Dans le problème des trois corps, les distances mutuelles peuvent être exprimées par des fonctions périodiques de quatre arguments, variant proportionnellement au temps.*

» Il reste à compléter la solution, en déterminant $x, y, z, x', y', z'$; on conclut d'abord des équations (3) que $i$ et $i'$ s'expriment aussi à l'aide des quatre arguments ci-dessus.

» On a ensuite [Mémoire ($a$)] la formule suivante :

$$\frac{dh}{dt} = \frac{mm'}{1+m}\frac{C}{GG'}\left(\frac{1}{\Delta^3} - \frac{1}{R'^3}\right) rr' \sin v \sin v';$$

en tenant compte des résultats déjà obtenus, on en tirera

$$h = \upsilon + H,$$

en posant

$$\upsilon = h_0 + h_1 t$$

et désignant par $h_0$ et $h_1$ deux constantes, et par H une fonction périodique des quatre arguments mentionnés; on voit qu'ici il s'en introduit un cinquième, $\upsilon$.

» On aura ensuite

$$x = r(\cos v \cos h - \sin v \sin h \cos i),$$
$$y = r(\cos v \sin h + \sin v \cos h \cos i),$$
$$z = r \sin v \sin i,$$

et des formules semblables, que l'on déduit des précédentes, en remplaçant $r$, $v$ et $i$ respectivement par $r'$, $v'$ et $i'$, et $h$ par $180° + h$.

» On en conclut aisément que les expressions

$$x \cos \upsilon + y \sin \upsilon \quad \text{et} \quad -x \sin \upsilon + y \cos \upsilon,$$

ne dépendent que des quatre premiers arguments.

» On a donc le théorème suivant :

» *Par rapport à l'axe* O$z$ *et à deux axes rectangulaires* O$x'$ *et* O$y'$, *situés dans le plan invariable et animés d'un mouvement de rotation uniforme, de vi-*

*tesse angulaire* $\frac{dv}{dt} = h_1$, *les coordonnées des points* N *et* N′ *sont des fonctions périodiques des quatre arguments* $\sigma$, $\sigma'$, $\tau$ *et* $\tau'$.

» La méthode que nous avons suivie nous a permis d'établir les expressions analytiques des intégrales, en laissant toutefois de côté la question de la convergence des séries, qui pourrait peut-être être abordée par les procédés que M. Poincaré a appliqués plusieurs fois avec succès ; mais elle paraît d'un emploi difficile dans la pratique, car elle conduirait à des calculs extrêmement laborieux. »

THERMOCHIMIE. — *Sur les substitutions bromées ;* par MM. **Berthelot** et **Werner**.

« Jusqu'ici l'étude thermique des substitutions, malgré son importance en Chimie organique, n'a été l'objet que d'un petit nombre de mesures, telles que celles réalisées par l'un de nous sur les éthers chlorhydriques, bromhydriques, iodhydriques des alcools méthylique et ordinaire, ainsi que sur les chlorure, bromure, iodure acétiques : mesures obtenues par des procédés détournés, tels que la comparaison des chaleurs de combustion des corps hydrogénés avec celles de leurs dérivés substitués. Les expériences directes en cette matière sont en effet très délicates, à cause de la difficulté d'obtenir à la température ordinaire des réactions immédiates et donnant naissance à un composé unique et défini. Lorsqu'on fait agir le chlore, par exemple, on obtient toujours des produits multiples : une portion de la matière primitive demeurant inaltérée, tandis qu'une autre portion perd plusieurs équivalents d'hydrogène et engendre simultanément plusieurs dérivés. Le brome et l'iode donnent lieu à des difficultés non moins grandes.

» Cependant nous avons réussi à trouver tout un ordre de composés, engendrés par substitution, qui peuvent être formés à froid dans le calorimètre et sans la complication des réactions secondaires. Ce sont les dérivés bromés des phénols. On sait que la réaction du brome sur les phénols, en particulier sur le phénol ordinaire et sur la résorcine, a été utilisée non seulement pour reconnaître, mais pour doser ces principes dans leurs usages industriels : elle donne lieu en effet, dans des conditions convenables, au phénol tribromé et à des corps congénères, formés directement à froid et sans complications.

» C'est cette réaction que nous avons utilisée, après en avoir spéciale-

ment vérifié l'exactitude dans les conditions où nous opérions. Nous allons exposer aujourd'hui nos expériences sur les chaleurs de formation des phénols tribromé, bibromé, monobromé, lesquelles peuvent se déduire toutes trois de la première par des artifices convenables.

» I. Soit d'abord la formation du *phénol tribromé*. La réaction qui l'engendre est la suivante :

$$C^{12}H^6O^2 + 3Br^2 = C^{12}H^3Br^3O^2 + 3HBr.$$

» Nous en avons mesuré la chaleur de formation par quatre procédés distincts, savoir :

» 1° *L'action du brome pur*, pesé dans une ampoule, *sur une solution aqueuse de phénol*, employée en proportion équivalente ($8^{gr},312 = 1^{lit}$). La réaction est lente et dure une demi-heure, et il se forme toujours quelque trace de produit secondaire. Cependant la réaction fondamentale répond à l'équation ci-dessus, comme le prouvent les dosages de l'acide bromhydrique formé [1]. La chaleur dégagée à 10° a été trouvée $+72^{Cal},27$ (3 essais); ce qui répond à

$$C^{12}H^6O^2 \text{ dissous} + 3Br^2 \text{ liquide} = C^{12}H^3Br^3O^2 \text{ cristallisé} + 3HBr \text{ dissous}.$$

» On a obtenu une réaction plus rapide et plus nette, en ajoutant à l'avance à la solution aqueuse de phénol une certaine dose de bromure de potassium (environ $1^{éq}$ par équivalent de brome employé). On a obtenu ainsi à 11° (moyenne de deux expériences) : $+71^{Cal},69$; avec le brome dissous à l'avance, on aurait obtenu 3,3 de moins, soit +68,39.

2° *Action du brome dissous à l'avance dans l'eau* ($25^{gr} = 1^{lit}$) *sur le phénol dissous*. — L'expérience marche plus vite et plus nettement. On a obtenu à 10° (sept expériences) : $+68^{Cal},185$. Comme contrôle on a dosé dans une expérience l'acide bromhydrique : ce qui a fourni 3,93 au lieu de 4,07.

» Dans une autre, le tribromophénol formé a été récolté et pesé. On a trouvé $5^{gr},27$ au lieu de 5,30, et le brome constaté par analyse a été trouvé 72,2 pour 100 au lieu de 72,5 : ce qui montre la correction des expériences.

3° *Action du brome sur le phénate de soude* :

$$C^{12}H^5NaO^2 + 3Br^2 = C^{12}H^3Br^3O^2 + NaBr + 2HBr.$$

---

(1) $20^{cc}$ de liqueur ont fourni :

| | HBr. |
|---|---|
| Par le titrage alcalimétrique | 0,627 |
| Calculé | 0,627 |
| Par l'azotate d'argent | 0,628 |

» Ce procédé est plus prompt encore que les précédents, la réaction étant immédiate. On a obtenu :

Phénate dissous ($1^{éq} = 4^{lit}$) + brome dissous ($25^{gr} = 1^{lit}$)...... $+ 74^{Cal},56$

Pour comparer ce chiffre aux précédents, il faut en retrancher la différence entre les chaleurs de neutralisation de la soude par l'acide bromhydrique et par le phénol, soit $13,7 - 7,4 = 6,3$. Ce qui nous ramène à $+ 68^{Cal},26$.

» On a donc en définitive :

| | |
|---|---|
| Premier procédé ........................ | 68,39 |
| Deuxième procédé ...................... | 68,18 |
| Troisième procédé ..................... | 68,26 |
| Moyenne..... | 68,28 |

réaction qui se rapporte à tous les corps dissous, excepté le tribromophénol.

» II. *Formation du phénol bibromé.* — Nous avons d'abord essayé de former ce composé, en faisant agir seulement la proportion équivalente de brome sur le phénol dissous :

$$C^{12}H^6O^2 \text{ dissous} + 2Br^2 \text{ dissous} = C^{12}H^4Br^2O^2 + 2HBr \text{ dissous}.$$

» Nous avons trouvé dans deux essais, vers 10° : $+ 44^{Cal},40$.

» Mais ce chiffre n'est qu'approximatif, le produit renfermant une certaine quantité de tribromophénol, facile à isoler par les dissolvants, et, par conséquent, une dose complémentaire de produits incomplètement substitués.

» Un procédé plus exact consiste à former d'avance le phénol bibromé et à le changer en phénol tribromé, au moyen d'une dose équivalente de brome. La réaction directe marche mal ; mais on réussit très bien en opérant sur le sel de soude dissous dans l'eau. La grande stabilité du phénol tribromé permet d'arrêter la réaction à un terme défini :

$$C^{12}H^3NaBr^2O^2 \text{ dissous } (12^{gr} \text{ dans } 300^{cc}) + Br^2 \text{ dissous}$$
$$= C^{12}H^3Br^3O^2 + NaBr \text{ dissous} .............. + 31^{Cal},13 \text{ et } + 30,90$$

» Pour passer de là à la chaleur dégagée par la substitution opérée sur le phénol bibromé, il suffit de retrouver la différence entre la chaleur de neutralisation bromhydrique par la soude et celle du phénol bibromé.

» Or, on a trouvé directement :

$C^{12}H^4Br^2O^2$ solide + NaO étendue = $C^{12}H^3NaBr^2O^2$ dissous + HO, dégage . . + $4^{Cal},84$

$$+13,7 - 4,84 = +8,86;$$
$$+31,01 - 8,86 = 22^{Cal},15:$$

c'est la chaleur dégagée par la réaction

$$C^{12}H^4Br^2O^2 \text{ solide} + Br^2 \text{ dissous} = C^{12}H^3Br^3O^2 \text{ solide} + HBr \text{ dissous.}$$

» En la retranchant de 68,28, on a la quantité cherchée; c'est-à-dire la chaleur de formation du phénol bibromé :

$C^{12}H^6O^2$ dissous + $2Br^2$ dissous = $C^{12}H^4Br^2O^2$ solide + 2HBr, dégage . . . . . + $46^{Cal},73$

nombre que nous adopterons comme le plus exact.

» III. *Phénol monobromé.* — En faisant agir $2^{éq}$ de brome dissous par le phénol dissous ($1^{éq} = 5^{lit}$), nous avons obtenu vers 10° (trois expériences) : + $22^{Cal},28$.

» Mais le produit renfermait, en même temps que le phénol bromé, une certaine dose de composés bibromés et tribromés, séparables par les dissolutions et la distillation. Le phénol monobromé lui-même demeure en partie dissous, ce qui rend l'expérience moins exacte.

» Le phénate de soude, traité par $Br^2$, donne une réaction plus nette; la chaleur dégagée, ramenée au phénol par le calcul, a été trouvée + $22^{Cal},27$. Enfin nous avons eu recours alors au même artifice inverse que ci-dessus, c'est-à-dire nous avons transformé le monobromophénol de soude préparé à l'avance en phénol tribromé par une dose de brome équivalente.

$C^{12}H^4NaBrO^2$ dissous (formé avec $3^{gr},7$ et $4^{gr},3$ de $C^{12}H^5BrO^2$ dans $300^{cc}$) + $2Br^2$ dissous = $C^{12}H^3Br^3O^2$ précipité + NaBr dissous + HBr dissous, a dégagé, vers 12° :
+ 51,52 et + 50,80; moyenne : + 51,36.

» On a d'ailleurs pour la neutralisation du phénol monobromé

| | | |
|---|---|---|
| $C^{12}H^5BrO^2$ liquide + NaO étendue | . . . . . . . . | + $7^{Cal},43$ |
| » solide » | . . . . . . . . | + $4^{Cal},42$ |

» En retranchant + $13^{Cal},7 - 4^{Cal},4 = + 9^{Cal},3$ du nombre précédent,

on obtient, en définitive, pour la réaction

$$C^{12}H^5BrO^2 \text{ solide} + 2Br^2 \text{ dissous} = C^{12}H^3Br^3O^2 \text{ solide} + 2HBr \text{ dissous}:$$

$$+51^{Cal},4 - 9^{Cal},3 = +42^{Cal},1.$$

» La même expérience, effectuée directement avec l'eau de brome et le monobromophénol liquide, a donné $+45^{Cal},36$; soit pour le corps solide $+42^{Cal},35$, ce qui concorde avec le résultat précédent. La moyenne est $+42^{Cal},2$.

» On en déduit pour la chaleur de formation du phénol monobromé

$$C^{12}H^6O^2 \text{ dissous} + Br^2 \text{ dissous} = C^{12}H^5BrO^2 \text{ solide} + HBr \text{ dissous}:$$

$$+68^{Cal},3 - 42^{Cal},2 = +26^{Cal},1.$$

» En résumé, nous avons obtenu :

| | | | | | | | Cal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C^{12}H^6O^2$ dissous + | $Br^2$ dissous | = | $C^{12}H^3BrO^2$ solide | + | HBr dissous | .... | + 26,1 |
| » | $2Br^2$ | » | $C^{12}H^4Br^2O^2$ | | » | .... | + 46,0 |
| » | $3Br^2$ | » | $C^{12}H^3Br^3O^2$ | | » | .... | + 68,3 |

» Ces nombres sont à peu près proportionnels, quoique suivant une progression légèrement décroissante. Pour les rendre plus comparables, rapportons-les d'abord aux corps séparés de l'eau : les phénols étant solides, le brome et l'hydracide gazeux : c'est-à-dire l'état du corps correspondant comparable :

| | Cal |
|---|---|
| $C^{12}H^6O^2$ solide + $Br^2$ gaz = $C^{12}H^5BrO^2$ solide + HBr gaz....... | + 12,1 |
| $C^{12}H^6O^2$ solide + $2Br^2$ gaz = $C^{12}H^5Br^2O^2$ solide + 2HBr gaz ..... | + 20,4 |
| $C^{12}H^6O^2$ solide + $3Br^2$ gaz = $C^{12}H^5Br^3O^2$ solide + 3HBr gaz..... | + 31,0 |

» Ces trois nombres sont sensiblement proportionnels aux équivalents de brome substitué, chaque équivalent développant à peu près $+10^{Cal},5$.

» La proportionnalité paraît d'ailleurs s'arrêter là, la formation du phénol quadribromé répondant à un chiffre inférieur d'après nos mesures : ce qui rend compte jusqu'à un certain point de la stabilité prépondérante du phénol tribromé. Observons encore que le chiffre + 10,5 est à peu près le tiers de celui qui répond à la formation de l'acide bromhydrique par ses éléments

$H^2 + Br^2$ gaz = HBr + HBr. .............................. $+27^{Cal},0$

» On voit par là que la substitution pure et simple du brome à l'hydrogène, telle que

$$C^{12}H^6O^2 \text{ solide} + Br^3 = C^{12}H^2Br^3O^2 + HBr,$$

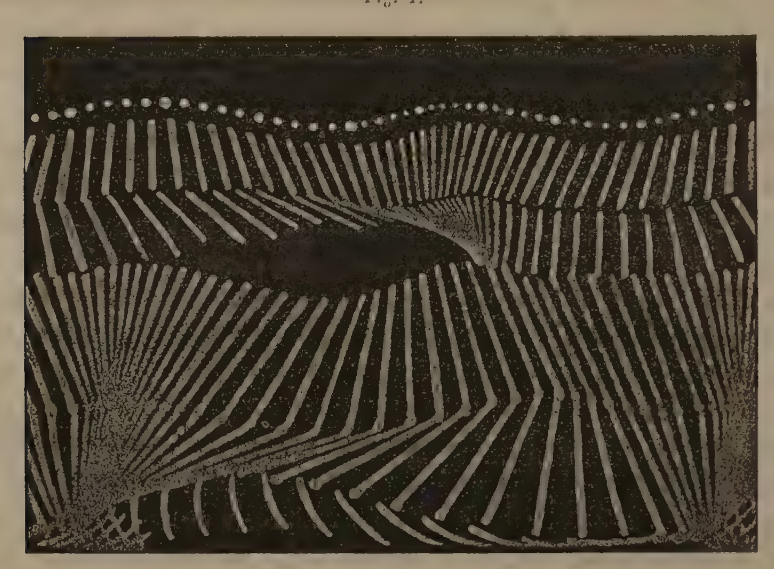
absorberait $3^{Cal} \times 3$, ce qui signifie que la formation des phénols substitués n'a pas lieu par une opération directe, mais en vertu d'une double décomposition, aux dépens de l'énergie mise en jeu dans la formation de l'acide bromhydrique. »

PHYSIOLOGIE. — *Analyse cinématique de la marche.* Note de M. MAREY.

« Dans une Note du 25 juin de l'année dernière, j'ai décrit une méthode photographique par laquelle on obtient, sur une même plaque sensible, un grand nombre d'images instantanées représentant les différentes attitudes du corps pendant la marche, la course ou le saut. Sur ces figures, chaque image est réduite à des lignes représentant la direction des rayons osseux des membres et à des points correspondant aux centres de mouvement des articulations.

» La *fig.* 1 montre ainsi la série des attitudes des membres du côté

Fig. 1.



droit, avec les positions de la tête, chez un homme qui marche d'un pas assez rapide. Les photographies ont été prises à des intervalles de $\frac{1}{40}$ de seconde, la longueur d'un pas complet étant de $1^m,75$, la vitesse de l'allure $6300^m$ à l'heure.

» Sur ces épreuves agrandies, on peut étudier, comme sur une épure,

les lieux géométriques de chacune des articulations du membre inférieur, la façon dont chacun d'eux s'engendre, ainsi que la part d'action qui revient, dans la progression, à la pesanteur et à l'action musculaire.

» J'ai entrepris, avec M. G. Demeny, mon préparateur à la Station physiologique, la double étude, cinématique et dynamique, de la locomotion, d'après les documents fournis par la photographie et par d'autres appareils, chronographes et dynamomètres inscripteurs (¹).

» Comme cette étude est exclusivement basée sur les documents fournis par la méthode graphique, on ne s'étonnera pas de n'y point rencontrer l'exposé des théories ou des observations faites antérieurement sur la locomotion humaine.

ÉTUDE CINÉMATIQUE DE LA MARCHE DE L'HOMME.

» La *fig.* 1 donne les trajectoires des différentes articulations des membres, les angles que font entre eux les différents leviers osseux, les variations de vitesse de chacune de ces parties aux différents instants de ses mouvements. Pour parler plus exactement, la *fig.* 1 représente la projection de ces mouvements sur un plan vertical parallèle à la direction de la marche. Certains mouvements de moindre importance pour la locomotion devront être étudiés d'après leur projection sur d'autres plans; nous ne nous en occuperons pas ici.

» On a vu, dans la description de la méthode, que les photographies ne traduisent le mouvement que pour une moitié du corps, celle qui est tournée du côté de l'appareil; on peut toutefois suppléer à l'absence de renseignements sur les mouvements de la moitié opposée du corps, puisqu'on sait que, dans les allures régulières, les membres droits et gauches exécutent les mêmes actes d'une manière alternative. Ainsi, dans un pas complet, c'est-à-dire entre la position occupée sur la figure par le pied droit à l'un de ses appuis et la position occupée par le même pied à son appui suivant, il s'est fait un posé du pied gauche; or, si l'allure est régulière, le lieu occupé par le pied gauche au posé se trouvera précisément au milieu de l'espace qui s'étend entre les images des posés du pied droit.

» On pourrait donc, étant donnée une allure parfaitement régulière, obtenir les images des deux moitiés du corps en superposant deux figures transparentes, semblables à celle qui est représentée ci-dessus et en faisant

(¹) Nous ne nous occuperons aujourd'hui que de la marche, considérée au point de vue cinématique.

glisser l'une de ces figures par rapport à l'autre d'une longueur égale à celle d'un demi-pas.

» Ces images expriment, mieux que toute description, les relations qui existent entre les mouvements des différentes parties du corps; elles montrent comment chacune des jambes concourt à imprimer au tronc et à la tête une translation presque uniforme et des oscillations dans un plan vertical correspondant chacune à l'action d'une des jambes. Grâce aux repères qu'on obtient en donnant une intensité plus grande à une image sur cinq, on peut déterminer pour chaque instant les positions relatives de la jambe, du bras et de la tête, et constater l'alternance des mouvements du bras et de ceux de la jambe d'un même côté. Enfin, sachant que deux images successives se sont produites à un intervalle de temps égal à $\frac{1}{40}$ de seconde, il suffit de porter la longueur qui sépare deux images consécutives sur une échelle métrique située au bas de la figure [1] pour connaître la valeur absolue de l'espace parcouru par un point, à l'instant considéré, et pour en déduire la vitesse de ce point.

» Nous attirerons toutefois l'attention sur les mouvements les plus importants, ceux des jambes pendant la marche; la plupart des actes que nous aurons à décrire se retrouveront dans les allures plus rapides avec de simples différences dans l'étendue et la vitesse des mouvements.

» *Etude cinématique des mouvements du membre inférieur pendant la marche.* — On a tous les éléments du problème quand on connaît les mouvements de la jambe pendant la durée d'un pas complet, commençant à l'appui d'un pied sur le sol et finissant à l'appui suivant du même pied. La durée du pas sera divisée en deux périodes, celle qui correspond à l'appui du pied et celle qui correspond au levé.

» A. *Mouvements du membre inférieur pendant la période d'appui du pied.* — Les mouvements, pendant cette phase, sont représentés *fig.* 2. Chacune des articulations du membre inférieur : *cheville* (articulation tibio-tarsienne), *genou* (articulation tibio-fémorale), *hanche* (articulation coxo-fémorale), suit une trajectoire engendrée par les mouvements angulaires simultanés des segments : pied, jambe et cuisse.

» Le pied touche le sol par le talon en A, et presque aussitôt s'applique par toute l'étendue de sa face plantaire; cette première phase occupe environ les trois cinquièmes de la durée totale de l'appui.

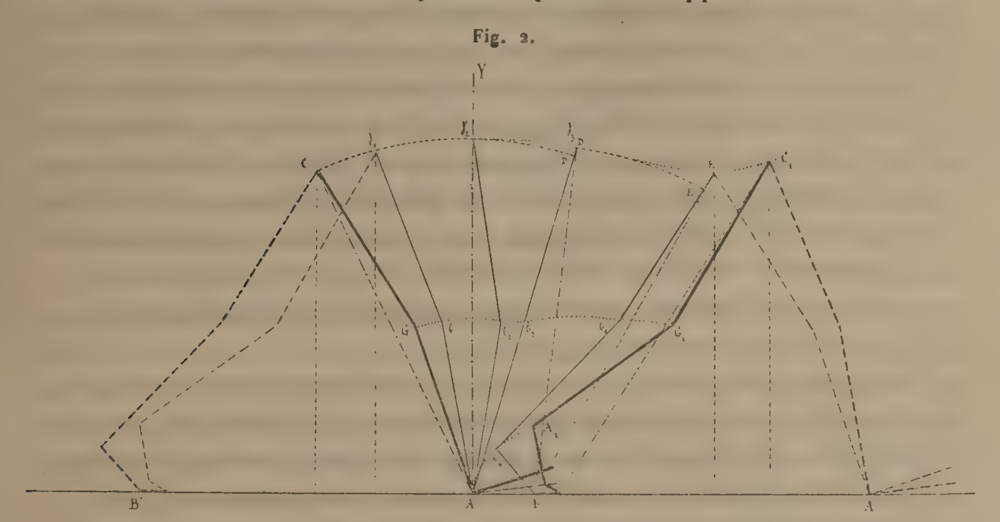
---

[1] Dans la reproduction de la *fig.* 1, le graveur a supprimé par erreur l'échelle métrique.

» A partir de ce moment le talon se détache du sol, et pendant la seconde phase, c'est-à-dire les deux cinquièmes de l'appui, le pied se déroule autour de sa pointe B, ou pour mieux dire de l'extrémité des métatarsiens.

» La *trajectoire de la cheville* est engendrée de la manière suivante. Après avoir été immobile pendant la première phase de l'appui, la cheville décrit

Fig. 2.



une courbe $\alpha_4$ qui se confond sensiblement avec un arc de cercle ayant pour centre l'articulation métatarso-phalangienne. En réalité, le mouvement se compose d'une série de rotations infiniment petites autour de centres instantanés qui se meuvent le long de la ligne de contact de la tête du premier métatarsien avec le sol, et qui s'approchent d'autant plus de l'extrémité antérieure de cet os que le déroulement du pied est plus complet ([1]).

» *Trajectoire du genou.* — Cette trajectoire est plus complexe et résulte de la composition de deux mouvements indépendants.

» Dans la première phase de l'appui, c'est-à-dire lorsque le talon touche le sol, le genou G décrit un arc de cercle $6^1$, $6^2$, dont le centre serait à la cheville du pied ; dans la seconde phase, $6^3$, $6^4$, $G_1$, ce mouvement se

---

([1]) Ce mouvement du pied autour de la tête des métatarsiens n'est vrai que pour la marche à pieds nus ou avec des semelles très souples. Si le marcheur porte des semelles épaisses et longues, le déroulement du pied se fera autour de l'extrémité de la chaussure ; il en résultera, pour les mouvements du membre et pour la longueur du pas, des conséquences que nous nous proposons d'étudier dans un autre travail.

combine au déroulement du pied autour de l'extrémité des métatarsiens, mouvement dont la description a été donnée plus haut.

» L'angle que la jambe forme avec le pied change aux différentes phases de l'appui : pendant la première phase, celle de l'appui du talon et de la plante, la jambe se fléchit graduellement sur le pied ; pendant la seconde, à partir du moment où le talon se soulève, le pied s'étend graduellement sur la jambe jusqu'à l'instant où il se détache du sol.

» Cette extension du pied augmente la distance qui sépare le genou du point d'appui, de sorte que la trajectoire du genou, au lieu de s'abaisser vers le sol à la fin de l'appui, comme cela arriverait s'il décrivait seulement un arc de cercle autour de la cheville, se relève et suit, dans son ensemble, une ligne légèrement sinueuse, parfois assez rapprochée de l'horizontalité.

» *Trajectoire de la hanche.* — La hanche subit toutes les influences qui engendrent la trajectoire du genou; mais, en outre, elle est soumise à l'effet des mouvements de la cuisse sur la jambe. Ceux-ci consistent en une flexion du genou au commencement du posé du pied G, $6^1$, $6^2$, après quoi le genou se redresse jusqu'au moment où le talon quitte le sol $6^3$; enfin le genou se fléchit de nouveau pendant la dernière phase de l'appui.

» Ces mouvements de flexion et d'extension du genou produisent des changements dans la longueur des lignes qui joignent les différentes positions de la jambe à chacun des points d'appui du pied sur le sol. Nous appellerons ces lignes *rayons* du membre inférieur (on a représenté ces rayons dans la *fig.* 2 par des lignes formées alternativement de points et de traits).

» Sous ces influences diverses, la trajectoire de la hanche C, $\gamma_1$, $\gamma_2$, $\gamma_3$, $C_1$ décrite pendant l'appui du pied est une courbe à convexité supérieure. Le maximum de hauteur de cette courbe au-dessus du plan horizontal ne correspond pas au moment où l'articulation de la hanche passe en Y, verticalement au-dessus de la base de sustentation formée par le pied, mais se projette un peu en avant de cette base, dans le sens de la progression.

» Lorsque le pied droit s'est posé sur le sol en A, le pied gauche était encore appuyé par sa pointe; le corps reposait donc sur les deux pieds à la fois, et ce *double appui* a duré jusqu'au moment où la hanche est représentée en $\gamma_1$ et le genou en $6^1$. De même, à la fin de la *fig.* 2, lorsque le pied droit est en B et la hanche en E, le pied gauche se pose sur le sol; un double appui se produit encore et dure jusqu'au moment où la hanche est en $C_1$.

» B. *Mouvement du membre inférieur pendant le levé du pied.* — Aussitôt que le pied a quitté le sol, le centre de mouvement du membre inférieur passe à l'articulation de la hanche. Dans ce mouvement, que les auteurs classiques ont comparé à l'oscillation d'un pendule dont le point de suspension éprouverait un déplacement dans le sens horizontal, nous aurons à considérer la trajectoire de chacune des articulations en particulier. Le détail de ces mouvements se voit aisément sur la *fig.* 1.

» Pendant la période de levé du pied, *la trajectoire de la hanche* décrit une courbe à convexité supérieure sensiblement semblable à celle que nous avons vue correspondre à la période d'appui. C'est qu'en effet la hanche droite, seule représentée dans notre figure, ressent l'effet de l'appui de la jambe gauche.

» Le *genou* suit une courbe résultant d'un mouvement de rotation autour de l'articulation de la hanche combiné au mouvement ci-dessus indiqué de la hanche sur sa trajectoire.

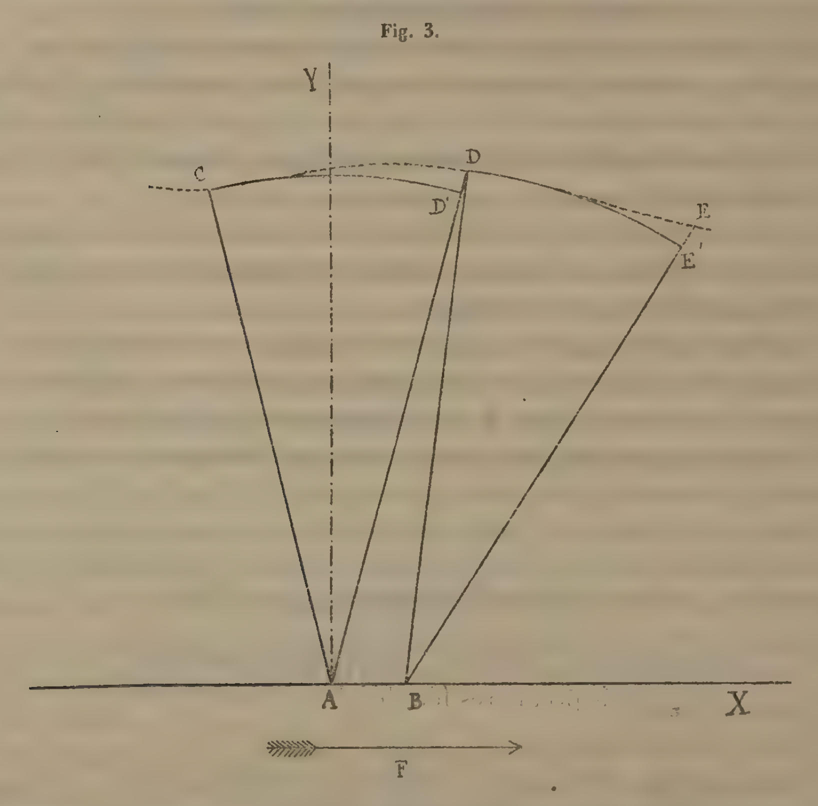
» Enfin la *cheville*, pendant le levé du pied, suit une trajectoire qui résulte de celle du genou combinée avec le mouvement angulaire de la jambe sur la cuisse. Pendant le premier tiers du levé, il y a flexion graduelle du genou; pendant les deux autres tiers, la jambe s'étend graduellement sur la cuisse, jusqu'à l'extension complète; elle se fléchit de nouveau légèrement au moment du posé. La courbe de ce mouvement présente deux élévations successives : une grande élévation au début du levé : elle se raccorde avec la courbe ascendante engendrée par le déroulement du pied à l'appui; la cheville s'abaisse ensuite et rase le sol jusqu'à l'instant du posé ; enfin elle se relève de nouveau très légèrement à l'instant où le pied va s'appuyer sur le sol.

» L'ensemble de tous ces mouvements exécutés tour à tour par les deux membres inférieurs concourt pour produire le mouvement de la hanche; or ce mouvement est d'autant plus important à considérer qu'il correspond sensiblement à celui du centre de gravité du corps lui-même placé assez près de l'articulation de la hanche. Toutefois, comme les hanches sont situées en dehors du plan vertical médian qui passerait par le corps, d'avant en arrière, l'action des membres sur le tronc s'exerce toujours plus ou moins obliquement. Il en résulte une inégalité des effets des deux jambes sur la trajectoire de la hanche : celle-ci n'offre pas, dans ses inflexions, la périodicité régulière qu'on observe, par exemple, dans la trajectoire de l'épaule et surtout dans celle du sommet de la tête.

» Si l'on examine, dans son ensemble, la courbe décrite par la hanche

pendant la durée d'un pas, on y observe deux maxima dont chacun se produit pendant la période d'appui de l'un des pieds. Les minima correspondent aux moments où chacun des pieds commence son posé (instant du double appui). Ces deux ondulations de la courbe de la hanche, dont chacune est produite par l'action d'une des jambes, ne sont pas égales entre elles, avons-nous dit. Cela tient à des oscillations du bassin autour de

Fig. 3.




deux axes, l'un vertical, l'autre horizontal et parallèle à la direction de la marche [1].

» Les oscillations du bassin autour de son axe horizontal interfèrent avec les ondulations de la trajectoire de la hanche; elles ont pour effet de rendre fort inégaux les deux minima de cette trajectoire. Pour la hanche droite, le minimum qui se produit après le levé du pied droit est le plus bas, parce qu'il coïncide avec l'oscillation descendant du côté correspondant

---

(1) Ces oscillations ont été graphiquement déterminées par M. Carlet [*Étude sur la marche* (*Annales des Sciences naturelles : Zoologie*, 1872)].

du bassin ; le minimum suivant, qui correspond au levé du pied gauche, est atténué, au contraire, parce qu'il correspond à l'oscillation ascendante du bassin.

» Enfin, les oscillations du bassin autour de son axe vertical se traduisent par des mouvements de la hanche, tantôt dans le sens de la progression, tantôt en sens inverse ; il en résulte une inégalité dans la vitesse de la hanche, au moment des deux maxima de sa trajectoire. Cette inégalité de vitesse se traduit par la plus grande condensation du ponctué de la trajectoire de la hanche pendant l'élévation qui correspond à l'appui du pied.

» Si l'on voulait réduire à son expression cinématique la plus simple le mouvement de la hanche et, par conséquent, du tronc sur sa trajectoire, pendant l'appui du pied correspondant, on caractériserait ce mouvement par la *fig.* 3. Dans cette figure, pendant une première phase, le membre tourne autour du point A ; la trajectoire CD de la hanche s'écarte de l'arc de cercle CD', parce que l'extension de la cuisse sur la jambe accroît graduellement la longueur du rayon du membre. Pendant la seconde phase, le centre du mouvement est en B, et la trajectoire DE diffère de l'arc DE' parce que l'extension du pied allonge à son tour le rayon du membre inférieur. »

GÉOGRAPHIE. — *Sur la Carte d'Afrique au* $\frac{1}{2000000}$. Note de M. F. **Perrier.**

M. le Colonel Perrier offre à l'Académie, au nom du Ministre de la Guerre, les vingt-trois premières feuilles de la Carte d'Afrique au $\frac{1}{2000000}$, dont le Service géographique de l'armée a entrepris la publication en 1881, ainsi que les trois premières livraisons des Notices correspondant à dix-huit de ces feuilles, et s'exprime en ces termes :

« Cette Carte est due à l'initiative d'un officier du Génie, le Capitaine de Lannoy de Bissy, qui en a conçu le projet dès la fin de l'année 1874.

» Livingstone venait de mourir, et les honneurs exceptionnels que l'Angleterre avait rendus à sa dépouille mortelle, rapportée du lac Bangouéolo par les soins de ses fidèles serviteurs, avaient attiré l'attention universelle sur le mystérieux continent africain.

» En parcourant le récit si attachant des vingt années d'exploration et des merveilleuses découvertes de l'illustre voyageur, on était frappé de n'y trouver, sous forme de croquis à petite échelle, qu'une image im-

parfaite des territoires déjà explorés de l'Afrique australe; les Cartes d'Afrique existantes, même celle de Keith Johnston, dressée à l'échelle de $\frac{1}{6000000}$, étaient trop petites pour contenir le détail des itinéraires.

» Il manquait donc une bonne Carte générale de cette partie du monde, établie à une échelle qui permît de figurer avec quelque détail les voyages déjà accomplis et qui pût servir de cadre à ceux qui seraient entrepris dans l'avenir.

» C'est cette lacune que M. de Lannoy a cherché à combler par la confection d'une Carte à l'échelle de $\frac{1}{2000000}$, rapprochant et coordonnant entre elles toutes les Cartes ou itinéraires renfermés aussi bien dans les relations de voyage que dans les recueils géographiques de France et de l'étranger.

» La Carte complète aura une hauteur de $4^{m},20$ sur une largeur de $4^{m}$. Elle a été divisée en 62 feuilles de $0^{m},50$ de base sur $0^{m},40$ de hauteur, représentant une superficie rectangulaire de $1000^{km}$ sur $800^{km}$ de côtés.

» Elle est établie sur une projection orthographique méridienne; les longitudes sont comptées, dans les deux sens Est et Ouest, à partir du méridien de Paris, considéré comme méridien initial; le méridien central est celui de 10° de longitude à l'Est, qui semble le mieux répartir les déformations sur les parties extrêmes, le Sénégal et l'Abyssinie.

» Les feuilles-minutes de la Carte, établies à l'échelle de $\frac{1}{2000000}$, agrandies ensuite au $\frac{1}{1000000}$, afin de faciliter les écritures et de donner plus de précision au dessin, puis ramenées à $\frac{1}{2000000}$, sont reportées enfin sur zinc par les procédés ordinaires de la photozincographie.

» Une première édition, qui n'est que provisoire, est publiée avec la planimétrie seulement, et sera bientôt suivie d'une deuxième édition qui porte l'orographie dessinée en couleur au crayon lithographique. De cette dernière édition, douze feuilles ont déjà paru.

» Chaque feuille est l'objet d'une Notice spéciale; cette Notice a pour but d'éveiller l'attention du lecteur par la description des contrées et l'historique succinct des peuples qui l'habitent. Elle donne le catalogue des Cartes et Ouvrages consultés, afin de permettre au lecteur de se reporter aux sources originales; enfin, elle contient aussi la discussion du mode de rédaction de la Carte, d'où ressort bien nettement la mesure du degré de confiance qu'on peut lui attribuer.

» Les vingt-trois feuilles que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie embrassent : les unes, toute la région arrosée par le Sénégal et le Niger (Santa-Cruz-de-Ténérife, Bir-el-Abbas, In Sâlah, Saint-Louis, Timbouktou,

Free-Town, Segou-Sikoro, etc.); les autres, l'extrémité de l'Afrique australe, du Zambèse à la colonie du Cap (Mossamédès Linyanti, Barmen, Kourouman, Pretoria, le Cap et Pietermaritzbourg); et entre elles, les rivages de la Guinée, où débouchent, dans l'océan Atlantique, le Niger, l'Ogôoué, le Congo et le Rio-Couanza (Bénin, Libreville, San-Salvador et Saint-Paul-de-Loanda).

» La nouvelle Carte contient des modifications et des additions importantes, parmi lesquelles il est utile de signaler :

» Dans la feuille de *Bir-el-Abbas*, une nouvelle interprétation d'une partie du récit du voyage accompli en 1861, de Saint-Louis du Sénégal à Mogador, par le cadi Bou el Moghdad; la figuration d'une partie de la route du Dr Lenz, en 1879, du Maroc à Timbouktou, et le tracé détaillé de l'itinéraire de Caillié, des puits de Telyg à l'Oued-Drâa;

» Dans la feuille d'*In Salah*, la représentation de l'oasis du Touat, d'après le voyage de G. Rohlfs et les renseignements recueillis par des voyageurs français, en prenant pour origine la position d'In Salah, déterminée astronomiquement en 1825 par le major Laing;

Sur la feuille de *Saint-Louis*, le tracé du nouveau chemin de fer en construction, de Saint-Louis à Dakar, ainsi que le voyage de Caillié, en 1824, chez les Maures Brakna, voyage qui n'était jusqu'alors porté sur aucune Carte d'Afrique;

» Sur la feuille de *Segou-Sikoro*, toutes les reconnaissances accomplies, dans ces dernières années, par les colonnes expéditionnaires du Haut-Sénégal, Galiéni, Derrien, Borgnis-Desbordes, et même la route de Bammako à Mourdia du Dr Bayol, en 1883;

» Sur celle de *Free-Town*, l'intéressant voyage du Dr Bayol; les altitudes de 101 positions de cette région occidentale de l'Afrique ont été calculées par M. de Lannoy; d'après ses calculs, les sources de la Gambie et du Rio-Grande sont situées respectivement à $1133^m$ et $1145^m$ d'altitude au-dessus du niveau de la mer;

» Sur celle de *Sokoto*, le tracé des derniers voyages de M. Flegel, auquel on doit en particulier la reconnaissance détaillée du Niger, entre Rabba et Gomba. Le cours de cet immense fleuve ne contient plus qu'une partie encore inexplorée, comprise entre Gomba et Say, ville commerçante que traversa deux fois le Dr Barth, dans les années 1853 et 1854;

» Dans l'Afrique australe, sur les cartes de *Kourouman, Prétoria et Pietermaritzbourg*, les divisions politiques dernières des royaumes nègres gouvernés par Khama, Sécheli, Montsoua et Mankourouané; les renseignements les plus récents sur la géographie du Transvaal, une partie du

royaume de Gaza gouverné par Oumzila, un nouveau tracé du cours inférieur du Limpopo, d'après les travaux d'Erskine. Le pays des Zoulous est dessiné à l'aide des reconnaissances faites par les officiers anglais pendant la guerre contre Cettiwayo. Quant au Griqua-land-East et aux territoires encore indépendants de la Cafrerie propre, ils ont été extraits des sources anglaises les plus récentes;

» Pour la côte de Guinée, les dernières informations sur les contrées voisines des bouches du Niger et du Gabon; dans la province de Loanda, le tracé qui doit relier la capitale de cette colonie portugaise à la ville d'Ambaca, à l'intérieur.

» Une mention spéciale doit être faite de la feuille de San-Salvador, la dernière parue, sur laquelle est représenté tout le cours de l'Ogôoué et la partie inférieure du fleuve Congo. Le vaste champ d'explorations que parcourent, d'un côté, de Brazza, sous l'égide de la France, de l'autre, Stanley, sous le patronage de l'Association internationale belge, était, il y a dix ans, à peu près inconnu. En moins de six ans, une foule de stations européennes ont jailli de terre pour ainsi dire; en ne citant que les plus connues, nous rappellerons Lambaréné, Franceville et Brazzaville, fondées par la France; Vivi, Noki, Léopoldville, par la Société internationale belge. Depuis 1882 surtout, la reconnaissance des régions du Congo et de l'Ogôoué a été poursuivie vaillamment. Après la première reconnaissance exécutée sur le Niari, en 1882, par de Brazza, les Belges ont exploré la région comprise entre le Congo inférieur et la rive gauche du Kouillou. Un lieutenant de vaisseau de notre marine, M. Mizon, nous a fait connaître, il y a quelques mois à peine, tous les affluents de la rive droite de cette rivière, ainsi qu'une partie du cours du Loueté (Louisa des Portugais); il nous a donné aussi un levé de l'Ogôoué au $\frac{1}{100000}$, entre la rivière Dilo et Franceville, ainsi que les positions de Franceville et du poste de l'Alima. M. Dutreuil de Rhins, un Français aussi, a fait un levé intéressant de l'Ogôoué, entre Lambaréné et la rivière Dilo. Tous ces renseignements, à peine connus encore des géographes, sont déjà portés sur la feuille de San-Salvador.

» Avant la fin de l'année courante, les feuilles si intéressantes de la région des grands lacs de l'Afrique australe, de Madagascar et de Bourbon seront publiées, et j'estime que la Carte entière aura paru, avec des Notices, vers la fin de l'année 1887.

» Le prix en est très modéré. Chaque feuille, avec montagnes, est vendue au prix de $0^{fr},50$; sans montagnes, $0^{fr},30$. La Notice, qui accompagne chaque livraison de six feuilles, coûte $0^{fr},30$ seulement.

» Grâce à l'emploi du zinc, il sera facile de reviser chaque feuille, en

effaçant ou ajoutant au fur et à mesure sur la planche mère, de manière à obtenir, pour chaque tirage, des exemplaires tout à fait au courant des découvertes nouvelles.

» Quelques feuilles, notamment celles du Sénégal et du Niger, celles du Congo et de l'Ogôoué, ont déjà rendu de véritables services, en faisant ressortir la grandeur du rôle réservé à la France dans ces contrées lointaines.

» La Carte de l'Afrique est, je le répète, l'œuvre personnelle du capitaine de Lannoy. Elle dénote chez son auteur des connaissances géographiques très étendues, une grande perspicacité dans l'appréciation des textes et des Cartes des voyageurs, ainsi qu'une véritable habileté d'artiste. C'est un travail de bénédictin qui fait le plus grand honneur à cet officier et au Dépôt de la Guerre, qui a la bonne fortune de le compter au nombre de ses collaborateurs. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la rage;* par M. **Pasteur**, avec la collaboration de MM. **Chamberland** et **Roux**.

« Le grand fait de la virulence variable de certains virus et la préservation d'une virulence par une autre de moindre intensité est aujourd'hui, non seulement acquis à la Science, mais encore entré dans le domaine de la pratique. Dans une telle direction d'études, on comprend tout l'intérêt qu'offre la recherche de méthodes d'atténuation appropriées à de nouveaux virus.

» J'ai l'honneur d'apporter aujourd'hui à l'Académie un progrès dans ce sens, relatif à la rage.

» I. Si l'on passe du chien au singe et ultérieurement de singe à singe, la virulence du virus rabique s'affaiblit à chaque passage. Lorsque la virulence a été diminuée par ces passages de singe à singe, si le virus est ensuite reporté sur le chien, sur le lapin, sur le cobaye, il reste atténué. En d'autres termes, la virulence ne revient pas de prime-saut à la virulence du chien *à rage des rues*. L'atténuation dans ces conditions peut être amenée facilement par un petit nombre de passages de singe à singe, jusqu'au point de ne jamais donner la rage au chien par des inoculations hypodermiques. L'inoculation par la trépanation, méthode si infaillible pour la communication de la rage, peut même ne produire aucun résultat, en créant néanmoins, pour l'animal, un état réfractaire à la rage.

» II. La virulence du virus rabique s'exalte quand on passe de lapin à lapin, de cobaye à cobaye. Lorsque la virulence est exaltée et fixée au

maximum sur le lapin, elle passe exaltée sur le chien et elle s'y montre beaucoup plus intense que la virulence du virus rabique du chien *à rage des rues*. Cette virulence est telle, dans ces conditions, que le virus qui la possède, inoculé dans le système sanguin du chien, lui donne constamment une rage mortelle.

» III. Quoique la virulence rabique s'exalte dans son passage de lapin à lapin ou de cobaye à cobaye, il faut plusieurs passages par le corps de ces animaux pour qu'elle récupère son état de virulence maximum, quand elle a été diminuée d'abord chez le singe.

» De même la virulence du chien *à rage des rues* qui, comme je viens de le dire, n'est pas de virulence maximum à beaucoup près, exige, quand elle est portée sur le lapin, plusieurs passages par des individus de cette espèce, avant d'atteindre son maximum.

» Une application raisonnée des résultats que je viens de faire connaître permet d'arriver aisément à rendre les chiens réfractaires à la rage. On comprend, en effet, que l'expérimentateur puisse avoir à sa disposition des virus rabiques atténués de diverses forces; les uns, non mortels, préservent l'économie des effets de virus plus actifs et ceux-ci de virus mortels.

» Prenons un exemple : On extrait le virus rabique d'un lapin mort par trépanation à la suite d'une durée d'incubation qui dépasse de plusieurs jours l'incubation la plus courte chez le lapin. Celle-ci est invariablement comprise entre sept et huit jours à la suite de l'inoculation, par trépanation, du virus le plus virulent. Le virus du lapin à plus longue incubation est inoculé, toujours par trépanation, à un second lapin; le virus de celui-ci à un troisième. A chaque fois, ces virus, qui deviennent de plus en plus forts, sont inoculés à un chien. Ce dernier se trouve être ensuite capable de supporter un virus mortel. Il devient entièrement réfractaire à la rage, soit par inoculation intraveineuse, soit par trépanation du virus de chien *à rage des rues*.

» Par des inoculations de sang d'animaux rabiques, dans des conditions déterminées, je suis arrivé à simplifier beaucoup les opérations de la vaccination et à procurer au chien l'état réfractaire le plus décidé. Je ferai connaître bientôt à l'Académie l'ensemble des expériences sur ce point.

» Il y aurait un intérêt considérable, présentement et jusqu'à l'époque éloignée de l'extinction de la rage par la vaccination, à pouvoir supprimer le développement de cette affection à la suite de morsures par des chiens

enragés. Sur ce point, les premières tentatives que j'ai entreprises me donnent les plus grandes espérances de succès. Grâce à la durée d'incubation de la rage à la suite de morsures, j'ai tout lieu de croire que l'on peut sûrement déterminer l'état réfractaire des sujets avant que la maladie mortelle éclate à la suite de la morsure.

» Les premières expériences sont très favorables à cette manière de voir; mais il faut en multiplier les preuves à l'infini sur des espèces animales diverses avant que la thérapeutique humaine ait la hardiesse de tenter sur l'homme cette prophylaxie.

» L'Académie comprendra que, malgré la confiance que m'inspirent mes nombreuses expériences, poursuivies depuis quatre années, ce n'est pas sans quelque appréhension que je publie aujourd'hui des faits qui ne tendent à rien moins qu'à une prophylaxie possible de la rage. Si j'avais eu à ma disposition des moyens matériels suffisants, j'aurais été heureux de ne faire cette Communication qu'après avoir sollicité de l'obligeance de quelques-uns de mes Confrères de cette Académie et de l'Académie de Médecine le contrôle des conclusions que je viens de faire connaître. C'est pour obéir à ces scrupules et à ces mobiles que j'ai pris la liberté d'écrire ces jours derniers à M. Fallières, Ministre de l'Instruction publique, en le priant de vouloir bien nommer une Commission à laquelle je soumettrais mes chiens réfractaires à la rage.

» L'expérience maîtresse, que je tenterais en premier lieu, consisterait à extraire de mes chenils vingt chiens réfractaires à la rage, qu'on placerait en comparaison avec vingt chiens devant servir de témoins. On ferait mordre par des chiens enragés successivement ces quarante chiens. Si les faits que j'ai annoncés sont exacts, les vingt chiens considérés par moi comme réfractaires résisteront tous, pendant que les vingt témoins prendront la rage [1].

» Une seconde expérience, non moins décisive, aurait pour objet quarante chiens, dont vingt vaccinés devant la Commission et vingt non vaccinés. Les quarante chiens seront ensuite trépanés par le virus de chien *à rage des rues*. Les vingt chiens vaccinés résisteront. Les vingt autres mourront tous de la rage, soit paralytique, soit furieuse. »

---

[1] Ces vingt chiens mordus, témoins, prendront la rage dans une proportion indéterminée, parce que la rage ne se déclare pas toujours à la suite des morsures. Ceux des témoins mordus qui ne deviendraient pas rabiques pourraient être soumis ultérieurement à la trépanation.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'atténuation des cultures virulentes par l'oxygène comprimé.* Note de M. **A. Chauveau**, présentée par M. Bouley.

« De toutes les études qui ont succédé aux premiers travaux de M. Toussaint, sur l'atténuation virulente par l'action modérée des agents physiques ou chimiques destructeurs des virus, il résulte clairement que ces agents possèdent tous, plus ou moins, la faculté d'amoindrir l'activité infectieuse des ferments virulents, au lieu de l'anéantir complètement, si l'on a soin de ne pas utiliser tout entière l'influence destructive à laquelle on expose ces ferments.

» En ce qui concerne la chaleur, la preuve de l'existence de cette faculté atténuante est maintenant complète. Il y avait donc lieu de penser que l'oxygène comprimé, qui partage avec le premier agent, suivant la démonstration de M. P. Bert, la propriété d'être à la fois une source de vie et de mort pour les microbes infectieux, se comporterait exactement comme la chaleur. On était certainement en droit de supposer qu'avant d'atteindre la tension qui tue les cultures virulentes, ou les empêche de se développer, l'oxygène en atténuerait graduellement l'activité, si on l'amenait, par une compression graduée, au voisinage du degré de tension capable de s'opposer à toute prolifération.

» L'expérience a été faite sur mes indications, dans mon laboratoire, par M. Wosnessenski, avec le Bacille de Davaine (*Bacille du sang de rate ou fièvre splénique*). Elle ne semble pas avoir prononcé en faveur de cette hypothèse. Il est arrivé, en effet, que les cultures de ce Bacille au contact de l'air ou de l'oxygène comprimés se sont montrées ou plus actives qu'à l'état normal, dans le cas de pressions modérées, ou complètement inactives, dans le cas de fortes compressions (*Comptes rendus,* séance du 4 février 1884, p. 314).

» J'ai vu et contrôlé tous les faits de M Wosnessenski ; ils sont rigoureusement exacts. Je n'en ai pas moins persisté à croire à l'action atténuante de l'oxygène comprimé et à la considérer comme le corollaire obligé des démonstrations de M. Paul Bert. Selon mes vues, entre les tensions qui activent la faculté infectieuse des cultures et celle qui y détruit toute activité, s'intercalent nécessairement des degrés de tension capables d'atténuer plus ou moins la virulence de l'agent infectieux, même à l'égard du cobaye, qui a été le réactif physiologique employé par M. Wosnessenski pour éprouver l'activité de ses cultures. Mais, sans doute, la zone de ces

tensions intermédiaires est fort étroite, et les limites en sont très difficiles à déterminer.

» Il m'a semblé qu'en ayant recours à d'autres réactifs, on trouverait peut-être une espèce animale se prêtant mieux que le cobaye à la détermination des conditions qui permettent à l'oxygène comprimé d'atténuer les cultures du Bacille de Davaine. On sait, en effet, que toutes les espèces animales susceptibles d'être infectées mortellement par un virus doué de toute son activité ne se comportent pas d'une manière identique à l'égard des formes atténuées de ces virus. Le hazard m'a, du premier coup, exceptionnellement favorisé. J'ai inoculé au mouton les cultures réussies de Bacille du sang de rate dans l'oxygène comprimé et j'ai observé alors les faits d'atténuation virulente les plus intéressants et les plus féconds peut-être en applications pratiques.

» Dans les nouvelles expériences que j'ai faites, j'ai constaté, toutes choses égales d'ailleurs, au point de vue de la qualité de la semence, de la qualité et de la quantité du bouillon employé pour les cultures, de la température, du temps, qu'une légère augmentation de la tension de l'oxygène avive la virulence de ces cultures, aussi bien pour le mouton que pour le cobaye. Mais une augmentation plus forte de cette tension n'accroît plus la virulence que pour le cobaye et la diminue au contraire un peu pour le mouton. Enfin, avec une tension plus rapprochée encore de celle qui entraîne l'arrêt de tout développement dans les cultures, on obtient des spores qui, tout en tuant encore les cobayes à peu près aussi vite que le virus charbonneux ordinaire, peuvent être inoculées impunément à tous les moutons.

» Quand les cultures ont été amenées à ce degré d'atténuation, elles produisent néanmoins, sur les sujets auxquels on les inocule, des troubles passagers plus ou moins accentués. Tous les moutons inoculés témoignent du malaise; tous éprouvent une certaine élévation de température qui, chez quelques-uns, peut aller jusqu'à 42°,5. Tous reviennent en quelques jours aux conditions physiologiques. J'ajoute que l'immunité communiquée aux sujets inoculés *une seule fois* avec ces cultures atténuées est aussi parfaite que possible. Réinoculés plusieurs fois avec du virus fort, qui tuait en trente-six heures tous les moutons témoins, ces sujets ont tous résisté; aucun même n'a été sensiblement malade, après les réinoculations.

» L'atténuation, ainsi obtenue, s'est, dans une série, transmise intégralement aux cultures de deuxième génération entreprises à la température + 36°, 37°, sous pression normale.

» Une autre constatation du même ordre m'a étonné au point de laisser dans mon esprit une certaine défiance. Dans les conditions ordinaires, le sang du cobaye mort de fièvre splénique est habituellement très virulent pour le mouton. Mais si le sang est pris sur des sujets qui ont succombé après l'inoculation d'un virus cultivé sous pression et franchement inactif sur le mouton, ce sang peut être inoculé impunément aux animaux de l'espèce ovine. Cette innocuité s'est manifestée dans deux séries d'expériences comprenant chacune quatre sujets. Aucun de ces huit moutons n'a succombé, après avoir reçu, sous la peau de la cuisse, une quantité notable de sang étendu de bouillon, en provenance de cobayes qui avaient survécu trente-six heures à peine à une inoculation de spores cultivées dans l'oxygène comprimé. J'ajoute que ces huit animaux ont résisté à toutes les inoculations de virus fort pratiquées ultérieurement.

» J'ai encore constaté, dans cette série d'études, un autre fait fort important. Ces cultures, dont l'atténuation est si sûre qu'elles ne font périr aucun mouton, et l'activité si grande qu'elles confèrent l'immunité la plus solide, jouissent encore d'un autre très grand avantage, celui de conserver cette activité pendant plusieurs mois. Ainsi, je possède des liquides de cultures dont l'inoculation, après six, dix et même quinze semaines, engendre aussi sûrement l'immunité qu'au moment même de leur préparation; ces liquides ont, du reste, conservé de même leur aptitude à tuer le cobaye adulte en trente-six, quarante heures.

» J'ai pu constater enfin que l'inoculation des liquides de cultures atténuées par l'oxygène comprimé est encore plus innocente et tout aussi efficace sur le bœuf que sur le mouton.

» D'autres virus ont été également atténués par l'oxygène comprimé. Les cultures de rouget sont au nombre de celles qui subissent le plus sûrement et le plus facilement l'influence atténuante de cet agent.

» Tous ces faits autorisent de grandes espérances relativement aux applications pratiques de l'emploi de l'oxygène comprimé comme méthode générale d'atténuation des virus.

» A l'égard du rouget, je me tiendrai dans la plus grande réserve, jusqu'à ce que la multiplicité des faits en ait prouvé solidement la constance. Je ne m'attends pas à être beaucoup plus heureux que ne l'a été M. Pasteur avec l'utilisation de l'ancienne méthode de l'atténuation des virus par leur passage sur des espèces animales différentes; mais je suis disposé à être plus confiant dans le succès pour le sang de rate. J'espère que mes études ultérieures m'amèneront à déterminer bientôt les conditions à l'aide des-

quelles on pourra, sans embarras, rendre usuelle la fabrication du virus si précieusement atténué, que je n'ai obtenu jusqu'à présent qu'en très petite quantité dans des expériences de laboratoire. La belle conquête de M. Pasteur s'enrichirait alors de très grands avantages : 1° immunité communiquée par une seule inoculation préventive; 2° néanmoins très grande sécurité de l'inoculation; 3° faculté d'employer les cultures atténuées longtemps après leur préparation. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de la conicine en propylpyridine ; régénération de la conicine.* Note de M. **A.-W. Hofmann.**

« En poursuivant mes recherches sur la conicine, j'ai fait quelques observations que je m'empresse de communiquer à l'Académie.

» Dans le but d'ajouter de l'hydrogène à la conicine $C^8H^{17}Az$ pour la transformer en octylamine $C^8H^{19}Az$, j'ai distillé le chlorhydrate de la première base avec du zinc en poussière.

» Il passait à la distillation une quantité notable d'une base colorée légèrement en jaune, tandis qu'il se dégageait de l'hydrogène mélangé de traces d'un carbure d'hydrogène. L'hydrogène se dégageant au lieu de se combiner à la conicine, il était évident qu'on n'avait pas réussi à effectuer la transformation cherchée. L'expérience, en outre, ayant montré qu'il se séparait plus d'hydrogène que n'en renfermait l'acide chlorhydrique du chlorhydrate, on pouvait conclure que la base distillée renfermait moins d'hydrogène que la conicine. L'odeur particulière ressemblant, d'ailleurs, à celle des bases pyridiques, on était en droit de supposer la formation de la base $C^8H^{11}Az = C^8H^{17}Az - 6H$, c'est-à-dire d'une base qui est à la conicine ce qu'est la pyridine à la pipéridine.

» L'expérience a confirmé cette prévision. Le liquide distillé renferme une quantité notable, 25 à 30 pour 100, de cette base à laquelle je donnerai le nom de *congrine*. Il y avait d'abord quelques difficultés à séparer la congrine de la conicine ; ces deux bases possèdent à peu près le même point d'ébullition ; mais les chlorhydrates de ces deux bases présentant des propriétés assez différentes, on est bientôt parvenu à obtenir la congrine à l'état de pureté.

» La congrine pure est un liquide incolore d'une fluorescence bleuâtre, surtout à la lumière solaire. Elle possède une odeur particulière qui rappelle celle de la pyridine ou de la picoline, mais elle est moins pénétrante.

La congrine est plus légère que l'eau; elle bout entre 166° et 168°, sous une pression de $0^{m},758$.

» La congrine se dissout facilement dans tous les acides. Les sels simples sont extrêmement solubles et ne cristallisent que difficilement. Les sels doubles, au contraire, forment de beaux cristaux. Le sel platinique cristallise en feuilles quadrilatères d'une couleur orange. Il se dissout facilement dans l'eau et peut en être obtenu en magnifiques cristaux. Le sel d'or forme des aiguilles jaunes facilement solubles dans l'eau et dans l'alcool.

» La composition de la congrine est représentée par la formule

$$C^8H^{11}Az.$$

Celle du composé platinique par la formule $2(C^8H^{11}Az - HCl)PtCl^4$.

» L'action de l'iodure de méthyle sur la congrine a démontré que cette base appartient bien à la série pyridique. En effet, les deux substances agissent l'une sur l'autre, même à la température ordinaire. Opère-t-on dans un tube scellé, la réaction est terminée en très peu de temps. On obtient l'iodure d'une base d'ammonium qui, très facilement soluble dans l'eau, en est précipité par l'action d'une solution alcaline concentrée à l'état d'une huile épaisse. En le chauffant avec de la soude caustique solide, il se dégage une odeur pénétrante excitant les muqueuses du nez. Cette odeur, très caractéristique, qui appartient à une série de corps que j'ai signalés, il y a quelques années ([1]), et qui se forment par l'action des alcalis sur les bases d'ammonium obtenues en combinant les différents termes de la série pyridique avec des radicaux alcooliques, permet de reconnaître facilement les bases pyridiques.

» On peut transformer l'iodure obtenu par l'action de l'iodure méthylique sur la congrine en chlorure au moyen du chlorure d'argent. En évaporant la solution, on obtient un résidu d'une consistance sirupeuse, qui, dans le vide, se prend en une masse cristalline. Le chlorure est précipité par le chlorure platinique. L'analyse du beau sel platinique ainsi formé a permis d'établir la composition de la congrine méthylique. Cette dernière est représentée par la formule $2(C^8H^{11}Az\text{-}CH^3Cl)PtCl^4$.

» Des bases de la formule $C^8H^{11}Az$, c'est-à-dire de la composition de la congrine, ont été déjà signalées par plusieurs chimistes. Outre l'α-collidine extraite des huiles animales par M. Anderson ([2]), il y a la β-collidine ob-

---

([1]) Hofmann, *Berl. Berichte*, t. XIV, p. 1497.

([2]) Anderson, *Ann. Chem. Pharm.*, t. XCIV, p. 360.

tenue par M. Greville Williams (1), en traitant la cinchonine par la soude caustique et les collidines aldéhydiques, fournies d'après MM. Baeyer et Ador (2), par l'action de la chaleur sur l'aldéhyde ammoniacale, et, d'après M. Kraemer (3) par l'action du chlorure d'éthylidène sur l'ammoniaque. Mais toutes ces bases ont un point d'ébullition supérieur à celui de la congrine. Le point d'ébullition a été observé pour l'$\alpha$-collidine et la $\beta$-collidine à 179°-180°; pour l'aldéhydine, à 180°-182°, et enfin, pour la paracollidine, à 220°-230°. En outre, la fluorescence bleue qui caractérise la congrine n'est mentionnée nulle part.

» Dans ces derniers temps, MM. Cahours et Étard (4) ont découvert encore une collidine qui se forme en faisant passer des vapeurs de nicotine à travers des tubes chauffés au rouge. Celle-ci, comme la congrine, bout à 170°, mais elle possède une grande tendance à se polymériser, propriété qui n'appartient pas à la congrine. D'ailleurs, il n'était pas difficile de décider s'il y avait, ou bien identité, ou seulement isomérie entre les deux bases : on n'avait qu'à les oxyder. En oxydant le dérivé nicotique, MM. Cahours et Étard ont obtenu l'acide pyridinicarbonique (acide nicotique), qui a été préparé par M. Laiblin (5) en partant de la nicotine elle-même. La congrine aussi s'oxyde très facilement à l'aide du permanganate de potasse. On obtient de même un acide pyridinicarbonique; ce n'est pas l'acide nicotique, mais bien son isomère, l'acide picolique, qui a été découvert par M. Weidel (6) en oxydant la picoline. On a identifié les deux acides en comparant le point de fusion, qui est le même pour les deux, soit 134°.

» Pour le moment, je n'essayerai pas d'expliquer la production singulière de la congrine en partant de la conicine. Je me bornerai à faire observer qu'on obtient un résultat analogue en soumettant la conicine à l'action du chlorure de zinc. Peut-être cette réaction contribuerait-elle à dévoiler la nature de quelques alcaloïdes dont la constitution n'est pas encore établie. En effet, la nicotine, par exemple, subit une transformation

---

(1) Greville Williams, *Journ. für pr. Chemie.*, t. LXVI, p. 334.
(2) Baeyer et Ador, *Ann. Chem. Pharm.*, t. CLV, p. 264.
(3) Kraemer, *Berl. Berichte*, t. III, p. 202.
(4) Cahours et Étard, *Comptes rendus*, 1881, p. 1079.
(5) Laiblin, *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXCVI, p. 134.
(6) Weidel, *Berl. Berichte*, t. XII, p. 1989.

analogue. Il se dégage de l'hydrogène, tandis qu'il se forme une base appartenant à la série pyridique. Je me propose de continuer ce genre de recherches.

» Quant à la conicine elle-même, sa transformation en congrine fixe d'une manière assez nette le rapport entre cette base et la série pyridique. L'existence d'un rapport semblable avait été entrevue par plusieurs chimistes, notamment par M. Wischnegradsky; mais on n'avait pas encore réussi à l'établir par l'expérience.

» Aujourd'hui ce rapport n'est plus douteux. En considérant la transformation de la congrine en un acide piridinimonocarbonique, l'acide picolique, on ne saurait plus nier la présence du groupe propylique (isopropylique) dans la congrine, et par suite aussi dans la conicine. En même temps ces expériences fournissent quelques indications sur la position du radical propylique. Les recherches intéressantes de MM. Skraup et Cobenzl [1] sur les deux naphtoquinolines ont démontré avec un haut degré de vraisemblance que l'azote et le groupe carboxyle se trouvent en juxtaposition dans l'acide picolique. Il s'ensuit que la congrine est l'*ortho-propylpiridine* ou l'*ortho-propylpyridine hexahydrogénée*.

» Il était naturellement d'un intérêt spécial de régénérer la conicine de la base pyridique. Dans ce but, de la congrine, dont la pureté absolue avait été constatée par l'expérience, fut soumise à l'action de l'acide iodhydrique concentré à une température de 280° à 300° dans un tube scellé à la lampe. Il est resté un peu de congrine non attaquée, ce qui a toujours lieu dans les procédés de réduction de ce genre. Mais on a pu séparer sans difficulté la conicine, dont le chlorhydrate cristallise facilement, tandis que le sel congrique est difficile à obtenir à l'état de cristaux.

» Comme il y a toujours, mêlée à ces cristaux, une petite quantité de chlorhydrate d'ammoniaque dont le produit complémentaire est l'octane, on a séparé la conicine par un alcali; séchée sur la potasse caustique solide et soumise à la distillation, elle a présenté un point d'ébullition se fixant entre 167° à 168°. Le liquide incolore possédait l'odeur caractéristique de la conicine, odeur complètement différente de celle de la congrine. Traitée par l'acide chlorhydrique, cette base a donné un chlorhydrate en cristaux radiaux permanents à l'air. On l'a purifié par une seconde cristallisation dans l'alcool absolu. Soumis à l'analyse, ce chlorhydrate, qui pouvait ren-

(1) Skraup et Cobenzl, *Monatshefte für Chemie*, 1884, p. 436.

fermer encore une trace de chlorhydrate d'ammoniaque, a fourni les chiffres suivants :

| | Sels de congrine. | Sels de conicine. | Expérience. |
|---|---|---|---|
| Carbone................ | 60,95 | 58,71 | 58,09 |
| Hydrogène............. | 7,62 | 11,01 | 11,09 |

» Le chlorhydrate de la conicine régénérée formait avec le chlorure de platine et le chlorure d'or des combinaisons cristallisées.

» Il y avait encore un intérêt particulier à constater l'identité de l'action physiologique de la conicine extraite directement de la plante avec celle qui avait été préparée artificiellement.

» Des expériences faites par moi et par mon collègue et ami M. Hugo Kronecker, de l'Institut physiologique de l'Université, sur des grenouilles et sur des lapins, nous ont démontré l'identité parfaite d'action de ces deux substances.

» Par la transformation en conicine d'une base appartenant à la série pyridique, il n'y a pas à conserver le moindre doute sur la réalisation de cette synthèse. Il reste maintenant à préparer l'orthopropylpyridine au moyen de la pyridine, préparation qu'on ne manquera pas d'achever par les procédés que j'ai employés avec succès pour introduire des radicaux alcooliques dans l'aniline et les bases homologues.

» En terminant, qu'il me soit permis d'exprimer mes remerciements les plus sincères à M. Ehestadt, dont le zèle et l'habileté ne m'ont pas manqué pendant l'exécution de ce travail. »

## NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1884.

Le dépouillement donne les résultats suivants :

*Prix Bordin* (*Etude générale du problème des déblais et remblais de Monge*) : MM. Bertrand, Hermite, Darboux, Jordan et Bouquet réunissent la majorité absolue des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. O. Bonnet et Resal.

*Prix Francœur :* MM. Bertrand, Jordan, Hermite, Ossian Bonnet et Dar-

boux réunissent la majorité absolue des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Bouquet et Lévy.

*Prix extraordinaire de six mille francs* (*Progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales*) : MM. Dupuy de Lôme, Jurien de la Gravière, Pâris, Bouquet de la Grye et de Jonquières réunissent la majorité absolue des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Mouchez et Tresca.

*Prix Poncelet :* MM. Phillips, Hermite, Bertrand, Jordan et Tresca réunissent la majorité absolue des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Darboux et Ossian Bonnet.

*Prix Montyon* (*Mécanique*) : MM. Phillips, Tresca, Resal, Rolland et Lévy réunissent la majorité absolue des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Jordan et Haton de la Goupillière.

*Prix Plumey :* MM. Dupuy de Lôme, Jurien de la Gravière, Tresca, Lévy et Haton de la Goupillière réunissent la majorité absolue des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. de Jonquières et Bouquet de la Grye.

## MÉMOIRES LUS.

M. **P. Calliburcès** donne lecture d'un Mémoire portant pour titre : « Recherches expérimentales sur l'influence du traitement pneumatique, par courant d'air non purifié et à la température ordinaire, sur la fermentation des jus sucrés ».

Le Mémoire de M. Calliburcès est renvoyé à l'examen de MM. Peligot, Thenard, Schlœsing.

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. le Vice-Amiral **Cloué** informe l'Académie du prochain départ des bâtiments de la Station de Terre-Neuve et appelle l'attention de l'Académie sur les services que les officiers de marine seraient en état de rendre à la Science s'ils recevaient des instructions précises pour l'observation des phénomènes météorologiques et magnétiques.

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. W. Monserratte soumet au jugement de l'Académie une Communication relative à la navigation aérienne.

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

M. S. Vilallongue adresse une Communication relative au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. A. Bloch adresse, pour le Concours de Physiologie expérimentale de la fondation Montyon, un travail manuscrit intitulé : « Expériences nouvelles sur la vitesse du courant nerveux sensitif chez l'Homme ». Ce Mémoire est accompagné d'extraits du « Journal d'Anatomie et de Physiologie », publié par MM. Ch. Robin et G. Pouchet.

(Renvoi à la Commission du prix de Physiologie expérimentale.)

Un Anonyme adresse, pour le Concours Bréant, un Mémoire manuscrit portant pour épigraphe : « Les maladies sporadiques ne peuvent se développer que par la présence et l'évolution vitale de leur germe propre ».

(Renvoi à la Commission du prix Bréant.)

M. Bernard adresse, pour le Concours de Statistique, une « Statistique médico-démographique de Cannes pendant la période septennale 1877-1883 ».

(Renvoi à la Commission du prix de Statistique.)

M. D. Tommasi adresse la liste de ses travaux scientifiques pour le Concours du prix Jérôme Ponti.

(Renvoi à la Commission du prix Jérôme Ponti.)

## CORRESPONDANCE.

MM. H. Becquerel, G. Bigourdan, Ch. Brame, O. Callandreau, A. Certes, M. Deprez, Duroy de Bruignac, H. Filhol, Fontannes, L. Francq, A. Germain, Grand'Eury, Guelliot, Halphen, Hatt, J. Klein, Layet, Ed. Lescarbault, Ch. Magnier, J. Morin, H. Napias, Nocard, P. Regnard, H. Roger, Roux, Strauss, V. Tatin, A. Taurines, Thévenot,

G. **Tissandier**, L. **Vaillant**, E. **Vallin**, H. **Viallanes**, Aug. **Voisin** adressent leurs remerciements à l'Académie pour les récompenses dont leurs travaux ont été l'objet dans la dernière séance publique.

M. **Tisserand**, en annonçant à l'Académie le décès de M. *Brassinne*, rappelle quelques-uns des travaux qui avaient acquis à ce savant une réputation méritée.

On lui doit plusieurs Mémoires intéressants, sur l'Algèbre et sur la Mécanique, et un Précis des Œuvres mathématiques de Fermat et de l'Arithmétique de Diophante; comme professeur à l'École d'Artillerie de Toulouse, M. Brassinne avait été conduit à étudier la Balistique d'une façon particulière, et il avait fait sur ce sujet des travaux importants. Versé dans la littérature et les arts, M. Brassinne était d'un commerce agréable; à Toulouse, où s'est écoulée presque entièrement sa longue carrière, il était entouré de l'estime publique et aimé de tous ceux qui avaient été à même de le connaître et de l'apprécier.

ASTRONOMIE. — *Observations de la nouvelle planète* (236), *découverte à Vienne par M.* J. Palisa *le* 26 *avril* 1884, *faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la tour de l'Ouest)*; par M. G. **Bigourdan**. Communiquées par M. Mouchez.

| Dates 1884. | Étoiles de comparaison. | Grandeurs. | Ascension droite Planète — ★. | Déclinaison Planète — ★. |
|---|---|---|---|---|
| | | | m s | ′ ″ |
| Avril 28........ | *a* 24295 Lalande. | 7 | +1.26,81 | −8.22,5 |
| 29........ | *a* Id. | » | +0.46,26 | −2.42,7 |
| 30........ | *a* Id. | » | +0. 8,41 | +2.30,3 |

*Positions des étoiles de comparaison.*

| Dates 1884. | Étoiles de comp. | Ascens. droite moy. 1884,0. | Réduction au jour. | Déclinaison moy. 1884,0. | Réduction au jour. | Autorité. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h m s | s | ° ′ ″ | ″ | |
| Avril 28.... | *a* | 12.57.55,70 | +2,54 | − 3. 2.18,3 | −13,2 | 4 obs. mérid. Paris. |
| 29.... | *a* | Id. | +2,54 | Id. | −13,1 | Id. |
| 30.... | *a* | Id. | +2,53 | Id. | −13,1 | Id. |

*Positions apparentes de la planète.*

| Dates 1884. | Temps moyen de Paris. | Ascens. droite apparente. | Log. fact. parallaxe. | Déclinaison apparente. | Log. fact. parallaxe. | Nombre de comp. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | h m s | h m s | | ° ′ ″ | | |
| Avril 28....... | 9.58.29 | 12.59.25,05 | $\bar{2}$,573*n* | − 3.10.54,0 | 0,842 | 21:14 |
| 29....... | 11.54. 8 | 12.58.44,50 | $\bar{1}$,167 | − 3. 5.18,4 | 0,840 | 9:6 |
| 30....... | 12.33.55 | 12.58. 6,64 | $\bar{1}$,330 | − 3. 0. 1,1 | 0,838 | 14:18 |

ASTRONOMIE. — *Détermination des éléments de rotation du Soleil.* Lettre de M. Spoerer à M. Faye.

« Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de vous transmettre, et qui traite de la détermination des éléments de rotation du Soleil, je me suis servi d'un résultat de vos recherches sur les taches solaires, savoir que leur mouvement propre en latitude peut être représenté par une sinusoïde.

» En admettant cette loi, il resterait encore à expliquer le fait que les taches des régions équatoriales se dirigent principalement vers l'équateur, tandis que prédomine, dans les hautes latitudes, le mouvement vers les pôles. On pourrait dire que, dans le premier cas, on observe surtout la branche descendante, et, dans le deuxième cas, la branche ascendante de la courbe, et que, sans qu'on en puisse assigner la cause, les taches sont cachées derrière le disque du Soleil quand elles se trouvent sur l'autre branche de la sinusoïde.

» J'ai cherché les meilleures méthodes de déterminer les éléments de rotation du Soleil, indépendamment du mouvement des taches en latitude, pour lequel j'admets avec vous qu'il se produit suivant une sinusoïde. D'abord, j'ai procédé pour le cas exceptionnel où la courbure de la sinusoïde serait minime. On reconnaîtrait ce cas à ce que, dans deux périodes successives de rotation, les mêmes latitudes héliocentriques correspondraient aux mêmes longitudes. Il serait en effet peu probable que la tache eût, malgré cette circonstance, un mouvement en latitude, et que la période de ce mouvement fût exactement égale à la durée de rotation. Dans mes observations, je n'ai rencontré aucune tache qui remplît suffisamment cette condition.

» Si l'on voulait déduire de nombreuses taches le nœud ☊ et l'inclinaison $i$, et prendre ensuite la moyenne des valeurs obtenues, on ne serait pas en droit de conclure que les mouvements négligés des taches individuelles s'élimineraient dans la moyenne.

» Pour une tache observée dans deux périodes successives, on peut calculer pour chacune de ces périodes une courbe des latitudes héliocentriques et la comparer ensuite aux observations, et j'ai développé les équations de condition pour ce cas. Mais, tant que l'on veut rester indépendant de valeurs adoptées de ☊ et $i$, ces équations de condition, tout en fournissant des renseignements sur la marche réelle des latitudes, ne son

pas suffisantes pour déterminer ☊ et $i$; attendu que l'on peut trouver par tâtonnements des valeurs fort différentes qui satisfont à ces équations. Veut-on, d'autre part, se servir d'éléments donnés pour trouver, par exemple, dans quelle longitude la latitude deviendrait maximum ou minimum; les équations deviennent alors déterminées, mais leur solution fournira à peu près les valeurs adoptées de ☊ et $i$.

» Pour les taches qui se trouvent dans les grandes latitudes, les mouvements vers le pôle sont tellement prédominants que l'on peut abandonner l'hypothèse de la sinusoïde et regarder ces mouvements comme proportionnels au temps. Cette supposition fournit une condition dégagée de tout arbitraire et où le résultat ne s'obtient que d'une seule manière. Mais aussi, dans ce cas, il reste une indéterminée dans le problème. Si les courbes que l'on calcule pour les latitudes, dans la première et dans la deuxième période, se coupent en un point du disque solaire tourné de notre côté dans les deux périodes, on obtient à la vérité un point fixe pour lequel le sinus doit avoir la même valeur; mais cette valeur est inconnue et, selon celle que l'on adoptera, on trouvera différentes valeurs pour ☊ et $i$. Dans des cas exceptionnellement favorables, on pourrait peut-être se servir aussi de l'autre point d'intersection qui se trouve derrière le disque du Soleil; mais ce cas ne s'est pas présenté dans mes observations.

» Il s'est trouvé une tache qui restait visible pendant quatre périodes consécutives et pour laquelle j'ai pu observer complètement la sinusoïde des variations en latitude dans toutes ces périodes. J'ai pu déterminer la sinusoïde indépendamment de ☊ et de $i$ à l'aide des points d'intersection des courbes des latitudes, que j'ai obtenus 1° pour la première et la deuxième et 2° pour la deuxième et la troisième période. La sinusoïde ainsi déduite pour les trois périodes satisfait encore aux observations de la quatrième. La détermination de ☊ et de $i$ est devenue indépendante des éléments adoptés antérieurement.

» Cet exemple d'une sinusoïde qui se conserve si longtemps et qui présente un si grand acccord avec les observations vous intéressera certainement. Vous avez découvert la loi de la sinusoïde; quant à moi, j'ai seulement eu l'occasion de déduire une telle sinusoïde indépendamment d'éléments connus et de l'employer ensuite à la détermination de ☊ et de $i$. »

M. **Faye** fait à ce sujet les remarques suivantes :

« J'ai en effet reconnu autrefois dans les mouvements des taches du Soleil deux inégalités notables qui faisaient croire, à tort, aux anciens

observateurs que ces phénomènes étaient trop capricieux pour se prêter au calcul. L'une est la parallaxe de profondeur, l'autre une sorte de nutation qui fait décrire aux taches une ellipse dont le grand axe est dirigé vers l'un ou l'autre pôle. Quand on tient compte de ces inégalités, la marche des taches devient très régulière, même quand elles durent plusieurs mois. Je suis heureux que M. Spœrer ait tiré si habilement parti de ces deux inégalités et qu'il ait ainsi réussi à obtenir les éléments de la rotation du Soleil avec une exactitude inespérée. Je le remercie d'avoir bien voulu à cette occasion rappeler des travaux dont j'avais autrefois entretenu l'Académie.

» Cette occasion me permet de rappeler la différence d'allure des cyclones solaires (les taches) et des cyclones terrestres (les tempêtes). Ces derniers décrivent sur leurs hémisphères respectifs de vastes paraboles qui les rapprochent sans cesse des pôles, tandis que les premiers sortent à peine de leurs parallèles originaires par des excursions d'amplitude médiocre de forme sinusoïdale. »

GÉOMÉTRIE. — *Propriétés de neuf points d'une courbe gauche du quatrième ordre, de sept points d'une cubique gauche, de huit points associés.* Note de M. **A. Petot**, présentée par M. Darboux.

« On sait faire correspondre géométriquement à un point M se déplaçant sur une surface du second ordre S, donnée par neuf points A, B, C, D, 5, 6, 7, 8, 9, une droite $\omega$ se déplaçant sur un complexe du premier ordre $\sigma$, déterminé par cinq droites $\omega_5$, $\omega_6$, $\omega_7$, $\omega_8$, $\omega_9$ (*Comptes rendus*, p. 728).

» Le même mode de correspondance nous a conduit à une propriété de la courbe gauche du quatrième ordre. Effectivement, si les neuf points A, B, C, D, 5, 6, 7, 8, M appartiennent à une même courbe gauche du quatrième ordre (S, S'), toutes les surfaces du second ordre qui passent par les huit premiers passent par le neuvième; par suite, tous les complexes du premier ordre qui contiennent les droites $\omega_5$, $\omega_6$, $\omega_7$, $\omega_8$ contiennent aussi la droite $\omega$, ce qui exige que les cinq droites $\omega_5, \ldots, \omega$ appartiennent à une même congruence du premier ordre $(\sigma, \sigma')$.

» Cette condition est d'ailleurs suffisante; en effet, quand M est un point quelconque de l'espace, la droite $\omega$ est située sur un complexe particulier du second ordre $\sigma_2$, complexe des droites rencontrées par les faces d'un tétraèdre fixe $\theta$ suivant un rapport anharmonique constant; dès lors, les cinq

droites $\omega_5, \ldots, \omega$ doivent être situées sur la surface réglée du quatrième ordre $(\sigma_2, \sigma, \sigma')$; mais, comme elles sont par construction sur $\sigma_2$, il suffit de leur imposer d'appartenir à $(\sigma, \sigma')$. De là résulte un théorème, que nous énoncerons plus loin.

» De même, si les huit points A, B, C, D, 5, 6, 7, 8 sont associés, toutes les surfaces du second ordre qui passent par les sept premiers passent par le huitième; par suite, tous les complexes du premier ordre qui contiennent les droites $\omega_5$, $\omega_6$, $\omega_7$ contiennent aussi la droite $\omega_8$, ce qui exige que les quatre droites $\omega_5, \ldots, \omega_8$ soient quatre génératrices d'un même système d'un hyperboloïde. On démontrerait d'ailleurs, comme plus haut, que cette dernière condition est suffisante.

» Enfin, si la courbe gauche du quatrième ordre (S, S') se dédouble en une cubique gauche et une droite, la surface réglée du quatrième ordre $(\sigma_2, \sigma, \sigma')$ se dédouble en deux hyperboloïdes, l'un inscrit, l'autre circonscrit au tétraèdre $\theta$. On voit d'ailleurs facilement lequel de ces deux hyperboloïdes correspond à la cubique. On obtient ainsi les trois théorèmes suivants :

» Théorèmes I, II et III (Propriétés : 1° de neuf points d'une courbe gauche du quatrième ordre; 2° de huit points associés; 3° de sept points d'une cubique gauche). — *Si, menant arbitrairement par le sommet* D *du tétraèdre* DABC, *qui a pour sommets quatre de ces points, un plan fixe* H *et deux droites fixes* $\lambda$ *et* $\mu$, *on a fait correspondre à tout point* M *de l'espace la droite* $\omega$, *intersection des deux plans menés respectivement par les droites* (H-BCM), (H-ACM) *et par les points* ($\lambda$-ABM), ($\mu$-ABM) :

» 1° *Les cinq droites correspondantes aux derniers points de la courbe gauche appartiennent à une même congruence du premier ordre ;*

» 2° *Les quatre droites correspondantes aux derniers points associés appartiennent à un même système de génératrices d'un hyperboloïde;*

» 3° *Les trois plans menés par chacun des points fixes* (H-BC), (H-AC) *et par les trois droites correspondantes aux derniers points de la cubique se coupent suivant une même droite.*

» Les quatre faces du tétraèdre $\theta$ sont les plans ABC et H, et les deux plans menés respectivement par les droites $\lambda$ et $\mu$ et par les droites (H-ACD), (H-BCD).

» On simplifie beaucoup les applications des théorèmes précédents en choisissant le plan H et les droites $\lambda$ et $\mu$, jusqu'ici arbitraires, de manière que les droites $\omega_5$, $\omega_6$ qui correspondent à deux des points donnés soient concourantes. Il suffit, par exemple, de prendre pour droites $\lambda$ et $\mu$ les

traces des plans ACD, BCD sur le plan (D, 5, 6), et pour plan H un plan mené arbitrairement par le point D et par la trace de la droite (5, 6) sur le plan ABC.

» Voyons maintenant comment se modifient, avec ce choix des éléments $\lambda$, $\mu$, H, les conclusions des théorèmes précédents.

» Pour la courbe gauche du quatrième ordre, si l'on désigne par $\alpha$ le point de rencontre des deux droites $\omega_5$, $\omega_6$ et par G le plan de ces deux droites, on a immédiatement la nouvelle conclusion suivante : *Les traces des trois droites correspondantes aux derniers points de la courbe sur le plan* G *sont en ligne droite; de plus, les trois plans menés par ces lignes droites et le point* $\alpha$ *se coupent suivant une même droite.*

» Pour le groupe de points associés, on a de même : *Les deux droites correspondantes aux derniers points associés sont aussi concourantes; leur point de rencontre est situé dans le plan* G; *de plus, leur plan passe par le point* $\alpha$.

» Enfin, pour la cubique gauche, la conclusion devient la suivante : *La droite correspondante au dernier point de la cubique passe par le point* $\alpha$.

» D'autre part, quand le point M se déplace sur un plan P, mené arbitrairement par la droite AB, la droite correspondante $\omega$ se déplace en s'appuyant sur les deux droites $\mathcal{L}$ et $\mathfrak{M}$, déterminées respectivement par les points fixes (H-BC), (H-AC) et par les traces des droites $\lambda$ et $\mu$ sur le plan P.

» Applications. — Problème I. — *Trouver les deux dernières traces d'une courbe gauche du quatrième ordre* (S, S') *donnée par huit points* A, B, C, D, 5, 6, 7, 8, *sur un plan* P *mené arbitrairement par deux de ces points* A, B.

» On détermine, une fois pour toutes, la droite $\xi$ qui joint les traces des droites $\omega_7$ et $\omega_8$ sur le plan G, et la droite $\eta$ intersection des plans menés par ces mêmes droites et par le point $\alpha$.

» Les deux droites $\omega$ et $\omega'$, correspondantes aux traces cherchées M et M', sont les deux droites qui s'appuient sur les quatre droites $\xi$, $\eta$, $\mathcal{L}$, $\mathfrak{M}$.

» On remarque que, sur les quatre droites précédentes, les deux premières sont fixes, et que les deux dernières passent chacune par un point fixe et sont chacune dans un plan fixe; c'est ce qui permet d'obtenir facilement par points l'épure de la courbe (S, S').

» Problème II. — *Trouver la dernière trace d'une cubique gauche, donnée par six points* A, B, C, D, 5, 6, *sur un plan* P *mené arbitrairement par deux de ces points* A *et* B.

» La droite $\omega$, correspondante au point M cherché, est l'intersection des plans menés par le point $\alpha$ et par les droites $\mathcal{L}$ et $\mathfrak{M}$.

» Problème III. — *Mener par un point donné 7 la droite qui s'appuie en deux points sur la cubique gauche* A, B, C, D, 5, 6.

» La droite $\omega_7$ et les quatre traces du plan $(\omega_7 - \alpha)$ sur les faces du tétraèdre $\theta$ enveloppent une conique; les tangentes à cette conique correspondent aux points de la droite cherchée.

» Problème IV. — *Détermination du huitième point associé aux points* A, B, C, D, 5, 6, 7.

» On considère, dans le plan $(\omega_7 - \alpha)$, la conique tangente à $\omega_7$ et aux quatre traces de ce même plan sur les faces du tétraèdre $\theta$; la droite $\omega$, correspondante au huitième point associé, est la sixième tangente, que l'on peut mener à la conique considérée par le point $(G - \omega_7)$, pris sur l'une des cinq tangentes qui la déterminent. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation linéaire.*
Note de M. É. Goursat, présentée par M. Hermite.

« L'équation de Lamé a été généralisée de différentes façons par un grand nombre de géomètres. Je me propose d'indiquer ici une équation linéaire du troisième ordre qui peut également être envisagée, à un certain point de vue, comme analogue à l'équation de Lamé. Cette équation, ou plutôt une de ses transformées, est de la forme suivante :

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} & x^3(x-1)^3\frac{d^3y}{dx^3} - [Ax + B(x-1)]x^2(x-1)^2\frac{d^2y}{dx^2} \\ & \qquad + [Cx(x+1) + Dx + E(1-x)]x(x-1)\frac{dy}{dx} \\ & \qquad - [Fx^2(x-1) + hx(x-1) + Hx + K(x-1)]y = 0, \end{aligned}\right.$$

A, B, C, D, E, F, H, K ayant les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} A &= n + n' + n'' - 2, \\ B &= m + m' + m'' - 2, \\ C &= pp' + p'p'' + pp'' + 2p + \frac{5p'}{3} + \frac{4p''}{3} + \frac{20}{9}, \\ D &= nn' + n'n'' + nn'' - \frac{n'}{3} - \frac{2n''}{3} + \frac{2}{9}, \\ E &= mm' + m'm'' + mm'' - \frac{m'}{3} - \frac{2m''}{3} + \frac{2}{9}, \\ F &= -p(p' + \tfrac{1}{3})(p'' + \tfrac{2}{3}), \\ H &= n(n' + \tfrac{1}{3})(n'' + \tfrac{2}{3}), \\ K &= m(m' + \tfrac{1}{3})(m'' + \tfrac{2}{3}); \end{aligned}$$

$m, m', m'', n, n', n'', p, p', p''$ sont des nombres entiers, positifs ou négatifs, dont la somme est nulle, et $h$ un paramètre arbitraire. Cette équation admet, comme on voit, les trois points singuliers $0, 1, \infty$, et les racines des diverses équations déterminantes fondamentales sont :

$$\begin{array}{lll} \text{Pour } x = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots & m, & m' + \frac{1}{3}, \quad m'' + \frac{2}{3}, \\ \text{» } \quad x = 1 \ldots\ldots\ldots\ldots & n, & n' + \frac{1}{3}, \quad n'' + \frac{2}{3}, \\ \text{» } \quad x = \frac{1}{x'} = \infty \ldots\ldots\ldots & p, & p' + \frac{1}{3}, \quad p'' + \frac{2}{3}. \end{array}$$

On peut toujours, par une transformation facile, supposer nuls $m$ et $n$ et $m', m'', n', n''$ positifs ou nuls : c'est ce que je ferai désormais. Si, dans l'équation (1), on fait le changement de variable $x = f(t)$, $f(t)$ étant la fonction doublement périodique de $t$ définie par l'équation différentielle

$$(2) \qquad \frac{dx}{dt} = g x^{\frac{2}{3}} (x - 1)^{\frac{2}{3}}$$

(voir Briot et Bouquet, *Théorie des fonctions doublement périodiques*, p. 392), on reconnaît aisément que l'intégrale devient une fonction uniforme de $t$, et, par suite, d'après le beau théorème de M. Picard, elle s'exprimera, en général, au moyen de fonctions doublement périodiques de seconde espèce.

» On peut employer, pour effectuer l'intégration, une méthode analogue à celle que M. Hermite a employée pour l'équation de Lamé dans une Lettre à M. Brioschi (*Annali di Matematica*, t. IX, 2[e] série). En effet, le produit de trois intégrales convenablement choisies de l'équation (1) et, en général, distinctes, est une fonction uniforme dans toute l'étendue du plan et, par suite, un *polynôme*.

» Cette propriété résulte d'une étude du groupe de l'équation (1) que je ne puis qu'indiquer ici. En cherchant les intégrales qui se reproduisent, à un facteur constant près $\omega$, quand on fait décrire à la variable un lacet dans le sens direct autour du point $x = 1$, suivi d'un lacet dans le sens inverse autour du point $x = 0$, on est conduit à une certaine équation du troisième degré $\varphi(\omega) = 0$, dans laquelle le produit des racines est égal à l'unité. Faisant d'abord abstraction du cas où cette équation admettrait la racine triple $\omega = 1$, j'appelle $\omega_1$ une racine simple de l'équation $\varphi(\omega) = 0$. Il y correspond une certaine intégrale $Y_1$ qui se reproduit multipliée par $\omega_1$ quand la variable décrit le chemin précédent. De cette intégrale on peut en déduire d'autres de la manière suivante; si l'on décrit plusieurs lacets successifs dans le sens direct autour du point $x = 0$ en prenant au

point de départ l'intégrale $Y_1$, on engendre trois intégrales $Y_1, Y_2, Y_3$ qui se permutent circulairement dans cet ordre ou dans l'ordre inverse quand on tourne autour du point $x = 0$. De même, en tournant autour du point $x = 1$, on obtient un nouveau système $Y_1, Y'_2, Y'_3$. Si aucun des systèmes $(Y_1, Y_2, Y_3)$, $(Y'_1, Y'_2, Y'_3)$ n'est fondamental, l'équation (1) admettra pour intégrale la racine cubique d'un polynôme. Écartant ce cas particulier, supposons que le système $(Y_1, Y_2, Y_3)$ soit fondamental; alors le groupe de l'équation dérivera de deux substitutions de la forme suivante :

$$(3) \left\{ \begin{array}{l} S(Y_1, Y_2, Y_3 : Y_2, Y_3, Y_1), \\ S'(Y_1, Y_2, Y_3 : \omega_1 Y_2,\ aY_1 + bY_2 + cY_3,\ a'Y_1 + b'Y_2 + c'Y_3). \end{array} \right.$$

Dans le domaine de chacun des points $1$, $\infty$, il existe un groupe de trois intégrales qui se reproduisent respectivement multipliées par les facteurs $1, \alpha, \alpha^2$ ($\alpha$ et $\alpha^2$ désignant les racines cubiques imaginaires de l'unité), quand la variable tourne autour d'un de ces points. Cette condition entraîne entre les coefficients $a, b, c, a', b', c'$ certaines relations que l'on obtient en écrivant que deux équations du troisième degré se réduisent à $b^3 - 1 = 0$; ces relations sont les suivantes :

$$(4) \qquad \left\{ \begin{array}{ll} b + c' = 0, & a\omega_1 = bc' - b'c' \\ a + b' = 0, & c'\omega_1 = ab' - ba' \end{array} \right\}, \quad \omega_1(a'c - ac') = 1.$$

» On obtient une solution de ces équations en prenant

$$a = b = b' = c' = 0, \quad \omega_1 a' c = 1.$$

Cette solution est la seule qui convienne, car, si l'on suppose $b$ et $b'$ différents de zéro, les formules (4) montrent que les substitutions $S'$ et $S^{-1}$, appliquées successivement à l'intégrale $b'y - bz$, la changent en $\omega_1(b'y - bz)$, et $\omega_1$ devrait être racine double de l'équation $\varphi(\omega) = 0$, contrairement à l'hypothèse. Le cas où $\varphi(\omega)$ se réduirait à $(\omega - 1)^3$ se discute de la même manière, et en résumé, si l'équation (1) n'admet pas pour intégrale la racine cubique d'un polynôme, les substitutions fondamentales du groupe de l'équation sont les suivantes :

$$\begin{array}{l} S(Y_1, Y_2, Y_3 : Y_2, Y_3, Y_1), \\ S'(Y_1, Y_2, Y_3 : \omega_1 Y_2, \omega_2 Y_3, \omega_3 Y_1), \end{array}$$

$\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$ désignant les trois racines de l'équation $\varphi(\omega) = 0$, qui vérifient la relation $\omega_1\omega_2\omega_3 = 1$. Le produit $Y_1 Y_2 Y_3$ est donc une fonction uni-

forme et, par suite, un polynôme, puisque ce produit reste fini pour toute valeur finie de la variable. Il résulte, en outre, de l'étude du groupe que les dérivées logarithmiques

$$\frac{1}{Y_1}\frac{dY_1}{dx}, \quad \frac{1}{Y_2}\frac{dY_2}{dx}, \quad \frac{1}{Y_3}\frac{dY_3}{dx}$$

sont racines d'une équation algébrique de genre 1, et, par suite, l'intégrale générale s'exprimera au moyen d'intégrales elliptiques de première et de troisième espèce, ce qui est bien conforme au théorème de M. Picard.

» Connaissant le produit de trois intégrales particulières, M. Halphen a montré (*Comptes rendus*, t. XCVII, p. 1408 et 1541; t. XCVIII, p. 134) comment on pouvait achever l'intégration. Ce produit satisfait à une équation linéaire du dixième ordre, et l'on sera ramené à trouver un polynôme dont il est aisé d'avoir le degré *à priori* satisfaisant à cette équation. Si l'équation (1) n'est pas irréductible, il y a un changement de forme analytique pour l'intégrale générale, qui s'exprime toujours au moyen d'intégrales elliptiques.

» Comme vérification, si l'on suppose nuls tous les nombres $m, n, p$, l'équation (1) devient

$$x^2(x-1)^2 y''' + (4x-2)x(x-1)y'' + \tfrac{2}{9}(10x^2-10x+1)y' - hy = 0,$$

et l'intégrale générale est

$$y = C_1 e^{\sqrt[3]{h}\int \frac{dx}{x^{\frac{2}{3}}(x-1)^{\frac{2}{3}}}} + C_2 e^{\alpha\sqrt[3]{h}\int \frac{dx}{x^{\frac{2}{3}}(x-1)^{\frac{2}{3}}}} + C_3 e^{\alpha^2\sqrt[3]{h}\int \frac{dx}{x^{\frac{2}{3}}(x-1)^{\frac{2}{3}}}},$$

en supposant $h$ différent de zéro. »

HYDRAULIQUE. — *Remarque relative à la vitesse de propagation de l'intumescence produite dans l'océan Indien par l'éruption de Krakatoa.* Extrait d'une Lettre du 5 mai de M. **Boussinesq** à M. de Saint-Venant.

« Parmi les faits de physique terrestre relatés dans le Rapport de M. l'ingénieur Verbeek sur cette grande éruption d'août 1883, Rapport que vient de faire connaître un Extrait publié par M. Daubrée dans le *Compte rendu* du 28 avril 1884, l'un des plus intéressants est (p. 1024) celui de la vitesse avec laquelle s'est propagée devant *Port-Elisabeth,* situé dans la partie est de la côte australe de l'Afrique, par une profondeur d'eau de $2528^m$, l'énorme intumescence qu'avait fait naître, autour de l'île de Krakatoa, à l'autre extrémité de l'océan Indien, l'écroulement dans la

mer d'une partie du volcan. Chose, en effet, bien digne de remarque, cette vitesse trouvée de $566^{km}$ à l'heure, et par conséquent de $157^{m},22$ à la seconde, confirme pleinement, et l'on peut dire presque exactement, la formule, due à Lagrange,

$$\omega = \sqrt{gH}\ (^1),$$

de la *célérité* de propagation des longues ondes liquides dont la hauteur est négligeable en comparaison de la profondeur H de l'eau; car la formule usuelle de la gravité,

$$g = 9^{m},8057\,(1 - 0,002588 \cos 2\lambda),$$

donne, en y portant la valeur $\lambda = -34°$ de la latitude de Port-Elisabeth,

$$g = 9^{m},7962;$$

et si l'on fait, en outre, H = 2528, il vient

$$\omega = 157^{m},37,$$

ce qui ne diffère que d'une manière insignifiante de la valeur $157^{m},22$ fournie par l'observation directe. »

MAGNÉTISME. — *Adoption par la Conférence polaire internationale de Vienne des nouvelles unités magnétiques absolues* (*centimètre, gramme, seconde*). Extrait d'une Lettre de M. **Mascart** à M. le Président de la Commission du cap Horn.

« Parmi les résolutions qu'a prises la Conférence polaire internationale réunie dernièrement à Vienne, il en est une qui me paraît présenter un intérêt général. Le programme rédigé d'abord pour les expéditions indiquait que les déterminations relatives au Magnétisme terrestre devaient être faites avec les unités de Gauss (millimètre, masse du milligramme, seconde). Depuis cette époque, le Congrès international des Électriciens, réuni à

(1) On peut voir, de cette formule, au *Compte rendu* du 18 juillet 1870, p. 186-189, une démonstration élémentaire analogue à celle que Babinet avait donnée, dans des Leçons orales, vers 1830, de celle de la vitesse du son. Elle s'y trouve appliquée à une onde cylindrique se propageant dans un canal prismatique, et décomposable, ainsi, en *ondes planes* verticales transversales : mais, dans un bassin indéfini, chaque portion d'une grande onde circulaire doit affecter la même composition à de grandes distances du centre d'ébranlement.

Paris en 1881, ayant adopté pour les mesures absolues en Électricité et en Magnétisme les unités C.G.S. (centimètre, masse du gramme, seconde), la Conférence de Vienne a été unanime à reconnaître qu'il y avait lieu de tenir compte de cette décision du Congrès de Paris, et elle a également recommandé l'emploi des unités C.G.S. pour la détermination des composantes du Magnétisme terrestre. »

PHYSIQUE. — *Nouvelle méthode pour mesurer l'intensité d'un courant électrique en unités absolues;* par M. **Henri Becquerel.**

« Pour mesurer l'intensité absolue d'un courant électrique, on emploie généralement, soit la boussole des tangentes, soit l'électrolyse d'un sel d'argent. L'usage de la boussole des tangentes exige la mesure très difficile des dimensions exactes de l'appareil; il a le grave inconvénient de rapporter l'intensité cherchée à celle du champ magnétique terrestre, qui n'est jamais bien connue à plus de $\frac{1}{200}$ près, et qui est variable non seulement d'un point à un autre, mais encore d'un instant à l'autre en un même lieu. Aussi préfère-t-on souvent avoir recours à l'électrolyse d'un sel d'argent; l'opération est très délicate à faire avec précision, et le poids d'argent recueilli indique seulement la quantité totale d'électricité qui a traversé le voltamètre. Pour en déduire l'intensité, il faut supposer que le courant a été rigoureusement constant pendant la durée de l'expérience.

» Depuis plusieurs années, j'ai été conduit à mesurer l'intensité absolue d'un champ magnétique ou électromagnétique par l'observation de la rotation du plan de polarisation de la lumière traversant un corps placé dans ce champ ([1]). Cette méthode s'applique très facilement à la mesure absolue d'un courant électrique, en se fondant sur le théorème suivant :

» Considérons un courant circulaire d'intensité $i$, et une droite indéfinie passant par son centre et perpendiculaire à son plan. On démontre très simplement que la somme des projections sur cette droite de toutes les actions électromagnétiques exercées sur tous ses points, de $-\infty$ à $+\infty$, est indépendante du rayon du cercle et égale à $4\pi i$. Si, au lieu d'un seul courant, on a une bobine comprenant N tours de fil, et parcourue par un cou-

([1]) *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 1095 (1878), et *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXVII (1882).

rant d'intensité $i$, la somme des actions exercées sur tous les points de l'axe, parallèlement à cet axe, sera $4\pi N i$ et ne dépendra que du nombre absolu des tours de la bobine et de l'intensité du courant.

» Cela posé, disposons suivant l'axe de la bobine un tube que nous supposerons d'abord indéfini et plein de sulfure de carbone à 0°C. Supposons, en outre, qu'un rayon de lumière polarisée rectilignement traverse ce tube : l'action du courant donnera lieu à une rotation du plan de polarisation, et si l'on désigne par $\alpha$ la rotation qui correspond, pour les rayons lumineux considérés, à $1^c$ de sulfure de carbone placé dans un champ magnétique égal à l'unité (C.G.S.), la rotation totale au travers du tube sera

$$4\pi N i \alpha.$$

» Pratiquement, on limite le tube par des glaces parallèles, à une petite distance de la bobine. On néglige alors une portion de l'action du courant, qui, pour chaque spire, est représentée par $1 - \cos\omega$, $\omega$ étant l'angle sous lequel on voit, de l'extrémité du tube, le rayon de cette spire. Si l'on calcule cette correction pour la dernière spire de la dernière rangée de fil de chaque bobine, cette valeur $1 - \cos\omega$ donnera une limite supérieure de la différence entre la rotation observée et celle qui correspondrait à une longueur infinie du tube. Si le diamètre de la bobine ne dépasse pas $5^c$, en limitant le tube à $1^m,50$ de part et d'autre de la bobine, la correction n'atteindrait pas 0,0001.

» Généralement on n'a pas besoin d'une approximation aussi grande; on voit donc que, pour réaliser l'expérience, il suffira d'un tube de $1^m,50$ à $2^m$ de long, fermé par des glaces parallèles et plein de sulfure de carbone. Au milieu du tube, on disposera une petite bobine sur les dimensions de laquelle nous allons revenir; puis, aux deux extrémités du tube, on établira un polarimètre à pénombres et un analyseur monté sur un cercle divisé. On éclairera l'appareil avec les rayons jaunes d'une lampe à sodium, et, si l'on observe une rotation R, l'intensité du courant passant dans la bobine sera donnée par la relation

$$i = \frac{1}{4\pi N}\frac{R}{\alpha};$$

il suffit donc de connaître le nombre absolu de tours N du fil de la bobine et la constante $\alpha$. La précision des résultats est subordonnée à celle de la détermination de cette constante.

» J'ai été conduit, il y a plusieurs années, à mesurer ce nombre par l'action directe du magnétisme terrestre, et j'ai obtenu pour la rotation des rayons jaunes D, traversant $1^c$ de sulfure de carbone à la température de 0°C., dans un champ magnétique égal à l'unité C. G.S., le nombre $\alpha = 0',0463$. Les conditions expérimentales ne permettaient pas de répondre d'une approximation supérieure à $\frac{1}{100}$. Je m'occupe actuellement de déterminer ce nombre avec une exactitude plus grande par la méthode même qui fait l'objet de la présente Note.

» Le nombre approché qui vient d'être cité permet d'évaluer l'approximation avec laquelle on peut mesurer l'intensité d'un courant électrique par cette méthode. En faisant usage d'une bobine comprenant 5000 tours, un courant de 1 ampère donnerait une rotation de 291′ environ pour les rayons jaunes D. En renversant le sens du courant, on aurait 582′. Or, dans la mesure optique, on ne peut faire une erreur de 1′, on évalue même facilement 0′,5, de sorte qu'il est très facile d'obtenir une approximation de $0^{amp},001$ dans la mesure de l'intensité. On peut sans grandes difficultés de construction réaliser une approximation encore plus grande, en multipliant le nombre des tours de la bobine.

» Nous avons supposé le sulfure de carbone à la température de 0°C. Si la température est plus élevée, la rotation diminue. La formule de correction indiquée par M. Bichat est $r = r_0(1 - 0,00104t - 0,000014t^2)$. On voit que cette correction est de $\frac{1}{1000}$ environ pour 1°, et, comme on peut facilement connaître la température du sulfure de carbone à moins de 1° près, il n'y aura pas d'erreur appréciable par le fait de la détermination des températures. Il importe de signaler, comme un des grands avantages de cette méthode, que le courant ne traverse pas le corps qui sert à faire la mesure, et qu'il n'apporte pas ainsi directement une perturbation de température inhérente au passage de l'électricité; du reste, il est très facile de préserver le sulfure de carbone de l'échauffement de la bobine.

» Si l'on ajoute enfin que les indications de l'appareil sont instantanées, on verra que cette méthode réunit les avantages des procédés employés jusqu'ici, sans en avoir les inconvénients, puisqu'elle donne des résultats indépendants du magnétisme terrestre, et qu'elle ne comporte aucune mesure des dimensions de l'appareil : il suffit de compter le nombre absolu de tours de la bobine dont on fait usage.

» Cette méthode paraît la plus pratique et la plus exacte pour étalonner les ampèremètres magnéto-électriques, dont l'emploi est si généralement répandu dans les laboratoires et dans l'industrie. »

PHYSIQUE. — *Sur un galvanomètre à mercure.* Note de M. G. LIPPMANN, présentée par M. J. Jamin.

« Un manomètre à mercure est placé entre les branches d'un aimant fixe, de telle manière que les deux pôles de l'aimant se trouvent à droite et à gauche de la branche horizontale du manomètre.

» Le courant électrique que l'on veut mesurer est amené au mercure de cette branche horizontale, et il le traverse verticalement, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe du tube. Il se produit dès lors une différence de niveau entre les deux branches du manomètre, différence proportionnelle à l'intensité du courant électrique. Dans l'instrument que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, cette différence de niveau est égale à $62^{mm}$ pour un ampère.

» Le système formé par un manomètre à mercure placé sous l'influence d'un aimant constitue donc un galvanomètre d'une construction très simple, et dont les indications sont exactement proportionnelles à l'intensité du courant électrique. La théorie de son fonctionnement est la suivante : la portion de la colonne de mercure parcourue par le courant électrique représente un élément de courant mobile. Cet élément de courant tend à repousser l'aimant placé dans son voisinage, dans une direction déterminée par la règle d'Ampère. Comme l'aimant ici est immobile et que l'élément de courant est mobile, c'est l'élément qui se déplace; la réaction qu'il subit produit une poussée hydrostatique qui se traduit par la dénivellation du mercure. Le mercure s'arrête dès que la pression hydrostatique fait équilibre à la poussée électromagnétique.

» Soient $i$ l'intensité du courant électrique et $p$ la pression hydrostatique mesurée par la dénivellation du mercure. On peut calculer $p$ en fonction de $i$. A cet effet, supposons, ce qui est le cas en réalité, que l'élément de courant ait la forme d'un petit parallélépipède rectangulaire dont la longueur, comptée dans le sens du courant électrique, soit $l$. La force électromagnétique qui tend à déplacer l'élément de courant est égale à

$$Hli,$$

H étant l'intensité du champ magnétique : telle est l'expression de la force. Pour avoir la valeur de la pression hydrostatique $p$, il faut diviser l'expression de la force par l'aire de la surface sur laquelle elle s'exerce. Cette surface est celle d'un côté du parallélépipède; elle a pour dimensions la

longueur $l$ et l'épaisseur $\varepsilon$ du parallélépipède comptée dans la direction des lignes de forces magnétiques; l'aire de cette surface est donc $l\varepsilon$. En effectuant le quotient, on obtient

$$p = \frac{\mathrm{H}\iota}{\varepsilon}.$$

» La sensibilité de l'instrument va donc en augmentant avec l'intensité magnétique et avec la minceur de la colonne de mercure.

» En conséquence, on a armé les pôles de l'aimant de deux masses de fer doux qui arrivent presque en contact l'une de l'autre, et qui ne laissent entre elles qu'une sorte de fente où l'intensité magnétique est considérable et uniforme. Dans cet intervalle se trouve un petite chambre à mercure rectangulaire, qui fait partie de la branche horizontale du manomètre, et qui est parcourue verticalement par le courant électrique. L'épaisseur $\varepsilon$ de la lamelle de mercure parcourue par le courant n'est que de $\frac{1}{10}$ de millimètre.

» La forme et les dimensions de cette lamelle sont telles que la poussée électromagnétique soit la même en tous ses points, et qu'il se produise par conséquent un état d'*équilibre* du mercure, sans tourbillons intérieurs.

» L'appareil est réversible : c'est-à-dire que, si l'on met le mercure en mouvement par une force mécanique, il naît un courant électrique dans le circuit qui réunit les pôles de l'appareil, qui constitue alors un électromoteur. »

PHYSIQUE. — *Variations des propriétés physiques du bismuth placé dans un champ magnétique*. Note de M. **Hurion**.

« Des expériences récentes de M. Leduc (¹), qu'il est assez facile de répéter, montrent que, si l'on place une lame de bismuth dans un champ magnétique et normalement aux lignes de force, les surfaces équipotentielles d'un courant traversant la lame se trouvent déviées de leur direction primitive, d'où il suit que la constitution physique du métal se trouve altérée. Cette altération peut se traduire par d'autres effets, notamment par l'action sur la lumière polarisée.

» Les recherches du Dʳ Kerr (²) ont appris qu'un miroir d'acier placé entre les pôles d'un électro-aimant fait tourner d'un certain angle le plan

(¹) *Journal de Physique*, 2ᵉ série, t. III, p. 133.

(²) *Philosophical Magazine*, mai 1877.

de polarisation d'un rayon incident normal lorsqu'on anime l'électro-aimant; la rotation s'effectue en sens inverse de la direction du courant qui produit l'aimantation. Le bismuth jouit de propriétés semblables, ainsi qu'il résulte des expériences suivantes.

» On se procure un miroir dont la surface réfléchissante est constituée par du bismuth en coulant ce métal fondu sur une lame de verre, chauffée ainsi que le fait M. Righi [1]; la lame de verre portant une mince couche de métal est placée entre les pôles d'un électro-aimant de Faraday. Les armatures de l'électro-aimant sont percées d'un trou central; l'une d'elles est plate et l'autre conique, et la lumière arrive par le trou de cette dernière. Le rayon réfléchi normalement revient dans sa direction primitive et rencontre sous un angle de 45° une glace non étamée qui laisse passer la lumière directe et rejette latéralement le rayon réfléchi. La lumière incidente traverse le système polarisant d'un saccharimètre Laurent et la lumière réfléchie est reçue dans l'analyseur du même appareil. L'électro-aimant peut être traversé tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, par le courant d'une machine Gramme type d'atelier.

» On observe que le plan de polarisation du rayon réfléchi est dévié d'environ 30′ quand on renverse le sens du courant; la rotation est de même sens que le courant qui produit l'aimantation. Il est clair que l'effet observé est dû en partie à l'action de la lame de verre.

» Pour tenir compte de cette dernière action, on peut enlever le bismuth sur une petite portion de la lame de verre et, plaçant l'analyseur à l'autre bout de l'appareil, étudier le rayon transmis; on trouve que le plan de polarisation de la lumière qui a traversé le verre tourne de 24′ quand on change le sens du courant; la rotation a lieu, comme on sait, dans le sens du courant. Or, dans la première expérience, la lame de verre étant traversée deux fois par la lumière aurait dû produire une rotation de 48′; l'observation a donné 30′ : on doit en conclure que le bismuth a fait tourner le plan de polarisation de 18′, en sens contraire du courant qui anime l'électro-aimant. On peut comparer ce résultat avec l'effet produit par un miroir d'acier placé dans les mêmes conditions : l'expérience indique une rotation de 22′ en sens contraire du courant de l'électro-aimant. Si l'on recouvre le miroir d'acier de la lame de verre qui portait le miroir de bismuth, on observe une rotation de 28′ dans le sens du courant, d'où l'on peut conclure qu'on aura l'effet propre de la lame de verre en ajou-

(1) *Journal de Physique*, 2e série, t. III, p. 127.

tant à cette rotation celle que produit directement l'acier, ce qui donne pour l'effet de la lame 50′ au lieu de 48′, nombre trouvé plus haut; la vérification est donc satisfaisante. Des expériences, actuellement en cours d'exécution, m'ont montré que la résistance électrique du bismuth augmente quand il est placé dans un champ magnétique. »

PHYSIQUE. — *Sur les coefficients de dilatation des gaz élémentaires.* Note de M. J.-M. CRAFTS.

« Dans une récente Communication à l'Académie, M. Berthelot établit un parallèle entre les échelles thermométriques fondées sur les quantités de chaleur absorbées par les gaz élémentaires et celles basées sur la dilatation ou l'augmentation de tension des mêmes gaz, et il montre combien peu les deux échelles marchent ensemble, surtout aux températures élevées.

» M. Berthelot, citant M. V. Meyer et acceptant pour son argumentation l'hypothèse moléculaire, admet que la dilatation du chlore fait supposer que le nombre des molécules (dernières particules) « réputé égal » vers zéro à celui des molécules de l'azote et de l'hydrogène soit devenu » une fois et demie aussi considérable à 1600° »; et il fait remarquer que c'est précisément ce même gaz élémentaire, qui se distingue par une grande variation de son coefficient de chaleur spécifique. Le chlore présente déjà avant 200° le phénomène d'une absorption excessive de chaleur, qui laisse seulement une proportion de $\frac{1}{3}$ à 200° et de $\frac{1}{5}$ vers 1800°, pour la fraction d'énergie représentant les mouvements de translation des molécules.

» On voit bien que les mesures de la chaleur spécifique sont immédiatement appelées à révéler la condition moléculaire des corps à des températures trop élevées pour la mesure directe de la dilatation, si une corrélation est établie entre la dilatation excessive, qui correspondrait à une augmentation du nombre des dernières particules d'un gaz, et l'absorption anormale de chaleur, qui soutient l'accroissement des forces vives de rotation et de vibration des particules; c'est un projet d'étude du plus haut intérêt et qui ouvre à la Science un nouveau domaine, touchant à celui occupé par l'Analyse spectrale.

» Je demande à l'Académie la permission de suivre le raisonnement si nettement posé par M. Berthelot en y apportant la rectification d'un fait.

» Il est probable que la densité relative du chlore est très notablement

diminuée à 1600°, mais aucune mesure directe n'a été faite à cette température; M. V. Meyer a reconnu qu'il s'est trompé dans ses premières estimations de température, et il a adopté depuis une méthode proposée par M. F. Meier et moi dans les *Comptes rendus* (t. XC, p. 606), qui est applicable à de plus hautes températures que la méthode de MM. Deville et Troost, parce que le ballon de porcelaine n'est pas exposé à des différences de pression. Un vase en porcelaine de Bayeux est tellement ramolli à 1500°, point de fusion du palladium, que les expériences deviennent très difficiles.

» On trouvera, dans une Communication de M. V. Meyer à la Société chimique de Berlin (t. XV, p. 2769) et dans quelques remarques faites par moi sur le même sujet (t. XVI, p. 457), les chiffres admis à présent pour la densité du chlore. Jusqu'à 1200°, la densité du chlore est normale et invariable, comparée à celle de l'air aux mêmes températures. La densité à 1400°, qui est 0,84 de la densité normale, a été obtenue par une méthode moins précise; et, quoique ce chiffre soit probablement exact, il s'adapte moins à cette discussion, parce qu'il correspond à une tension plus faible qu'une atmosphère.

» En examinant les conclusions qu'on peut tirer de ces faits, on voit qu'elles nous disposent en faveur de l'échelle des thermomètres à gaz ordinairement admise comme étalon arbitraire. En effet, dès qu'on trouve que les perturbations dans la dilatation du chlore ne commencent qu'à 1000° au-dessus du point où apparaissent des variations dans son coefficient de chaleur spécifique, rien ne prouve que la dilatation de l'hydrogène ne soit pas régulière jusqu'à 2000° ou même plus loin, c'est-à-dire bien au delà des limites accessibles aux expériences directes.

» Une corrélation n'est pas établie entre les variations des coefficients de dilatation et celles des coefficients de chaleur spécifique des gaz.

» Les expériences de Sir W. Thomson et M. Joule sur la chaleur dégagée par le passage des gaz à travers les corps poreux démontrent que l'on doit préférer comme thermoscopes les gaz de faible densité.

» Suivant les hypothèses généralement admises, les faits relatifs à la dilatation des gaz simples seraient interprétés comme indiquant le même état moléculaire pour l'hydrogène, l'azote, l'oxygène et le chlore jusqu'à 1200°. A partir de ce point, une dilatation anormale du chlore fait admettre qu'il y a une augmentation relativement aux autres gaz, dans le nombre de ses dernières particules, que l'on peut attribuer à une dissociation chimique; mais, déjà à 200°, cette dissociation est préparée par un travail phy-

sique, qui absorbe des quantités croissantes de chaleur sans contribuer à une dilatation anormale.

» La dilatation du brome fait croire qu'une dissociation semblable commence à une plus basse température, et pour l'iode le phénomène passe par toutes ses phases à des températures abordables. Dans ce dernier cas, la dissociation a le caractère qui distingue les actions chimiques, c'est-à-dire simplicité de rapports numériques, et, au lieu de s'arrêter aux deux tiers, rapport qui ne se prêterait pas à une interprétation facile, la molécule semble se diviser en deux atomes et le coefficient de dilatation devient de nouveau constant.

» Si la désagrégation moléculaire, que M. Berthelot trouve indiquée par l'accroissement du coefficient de chaleur spécifique, augmente le nombre des dernières particules, comme le ferait une dissociation chimique, on est obligé d'admettre que, pendant un long intervalle de température, les nouvelles molécules se rapprochent de manière que le coefficient de dilatation reste constant, et que cette proportion subsiste à toutes les températures au-dessous de 1200°, nonobstant que la séparation ou désagrégation moléculaire, indiquée par les mesures thermiques pour une température donnée, est arrivée à une phase bien différente pour chaque élément. Il paraît plus simple d'admettre que la chaleur puisse faire accroître les forces vives des particules qui forment les molécules longtemps avant de les séparer.

» Si l'on prend une définition de température, qui suppose un coefficient de dilatation des gaz progressivement variable, on est encore appelé à concilier une hypothèse, inutilement compliquée, avec la simplicité apparente des phénomènes.

» Il est probable que l'état le plus simple de la matière se rencontre aux plus hautes températures. Est-ce l'état atomique? ou bien ce qu'on appelle provisoirement l'*atome* serait-il une combinaison? Est-ce que les corps dits élémentaires se décomposent?

» Les recherches de Thermochimie et d'Analyse spectrale nous donneront peut-être la réponse à ces questions; mais jusqu'à présent les méthodes proposées pour l'interprétation des faits ne paraissent pas assez sûres pour déplacer, et encore moins remplacer, des conceptions comme la loi d'Avogadro, ni des classifications comme celles de Gerhardt. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les divers rendements théoriques que l'on doit considérer dans les machines à vapeur d'eau.* Note de M. **P. Charpentier**, présentée par M. Debray.

« Nos études antérieures ([1]) sur le rendement organique pratique maximum des moteurs à vapeur d'eau, et sur la détente *adiabatique* de ce fluide, nous amènent à établir ce qui se passerait, au point de vue du rendement, dans l'hypothèse d'une détente rigoureusement adiabatique.

» Nous utiliserons les différents nombres que nous avons établis précédemment et qui donnent les valeurs de $\psi$ et de $\mu$ utiles à considérer dans les divers cas de la pratique industrielle. C'est en analysant ainsi, avec les données actuelles de la Science, les divers phénomènes qui s'accomplissent dans les machines que l'on pourra, pensons-nous, d'une part bien spécifier quels sont les points faibles susceptibles d'être améliorés, d'autre part ouvrir la voie aux recherches ayant pour but de trouver le moyen pratique d'améliorer le rendement.

» Continuant à adopter les mêmes notations, appelons $K^r$ la chaleur totale contenue à la fin de la détente dans le mélange de vapeur et d'eau $\psi + (v\gamma_t - \psi)$; cette chaleur est différente de celle que nous avons déjà désignée par $K^e$, puisqu'il s'agit ici d'une détente théoriquement adiabatique.

» Nous considérerons trois sortes de rendements théoriques :

» 1° Le rendement *thermique* $R^{th}$ qui sera donné par le rapport existant entre la chaleur réellement utilisée sous forme de travail moteur, $K' - K^r$, et la chaleur totale contenue au début de la détente dans le poids de vapeur sèche et saturée $v\gamma_t = \varphi$, en sorte que nous écrirons

$$R^{th} = \frac{K' - K^r}{K'} = \frac{v\gamma_t J_t - [(v\gamma_t - \psi) q_{t_1} + \psi J_{t_1}]}{v\gamma_t J_t};$$

» 2° Le rendement *organique* $R^o$ qui sera donné par le rapport existant entre la chaleur réellement utilisée $K' - K^r$, et la chaleur totale K, employée à vaporiser le poids de liquide $v\gamma_t$ de la température $t_1$ à la température $t$. Nous écrirons donc

$$R^o = \frac{K' - K^r}{K} = \frac{v\gamma_t J_t - [(v\gamma_t - \psi) q_{t_1} + \psi J_{t_1}]}{v\gamma_t (\lambda_t - q_{t_1})};$$

([1]) *Comptes rendus*, séances des 19 mars 1883, 14 janvier et 18 février 1884.

» 3° Enfin, nous aurons plus tard à considérer un troisième rendement théorique dénommé rendement *adiabatique total*.

» Le rendement thermique $R^{th}$ peut se diviser en deux parties : la première sera le rendement attribuable au phénomène de détente seul soit $r^d$; la seconde sera le rendement $r^c$ qui doit être la conséquence d'une utilisation partielle de la chaleur latente interne $\rho$, due à la condensation pendant la détente du poids de vapeur $v\gamma_t - \psi$. Nous écrirons donc

$$R^{th} = r^d + r^c,$$

et nous aurons

$$r^d = \frac{A\Theta^d}{v\gamma_t J_t} \quad \text{et} \quad r^c = \frac{A\Theta^c}{v\gamma_t J_t}.$$

» Si, dans ces conditions, nous calculons les diverses valeurs de $r^d$, $r^c$, $R^{th}$, $R^o$, pour les cas intéressants de la pratique, nous obtenons le Tableau suivant :

| Pressions initiales | Pressions finales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $p_1 = 1^{atm},1$. | | | | $p_1 = 0^{atm},1$. | | | |
| $p$. atm. | $r^d$ pour 100. | $r^c$ pour 100. | $R^{th}$ pour 100. | $R^o$ pour 100. | $r^d$ pour 100. | $r^c$ pour 100. | $R^{th}$ pour 100. | $R^o$ pour 100. |
| 10...... | 2,940 | 9,715 | 12,655 | 13,953 | 4,933 | 20,054 | 24,987 | 24,998 |
| 9...... | 2,764 | 9,331 | 12,095 | » | 4,761 | 19,685 | 24,446 | » |
| 8...... | 2,574 | 8,865 | 11,439 | » | 4,574 | 19,263 | 23,837 | » |
| 7...... | 2,364 | 8,319 | 10,683 | » | 4,368 | 18,771 | 23,139 | » |
| 6...... | 2,129 | 7,699 | 9,828 | » | 4,139 | 18,208 | 22,347 | » |
| 5...... | 1,863 | 6,925 | 8,788 | 9,731 | 3,879 | 17,483 | 21,362 | 21,434 |
| 4...... | 1,551 | 5,961 | 7,512 | » | 3,572 | 16,594 | 20,166 | » |
| 3...... | 1,170 | 4,685 | 5,855 | » | 3,199 | 15,245 | 18,444 | » |
| 2...... | 0,669 | 2,498 | 3,167 | 3,527 | 2,709 | 13,691 | 16,400 | 16,522 |
| 1,1.... | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,053 | 11,062 | 13,115 | » |
| 1...... | » | » | » | » | 1,956 | 10,637 | 12,593 | 12,723 |
| 0.5.... | » | » | » | » | 1,291 | 7,465 | 8,756 | 8,870 |
| 0,2.... | » | » | » | » | 0,517 | 3,239 | 3,756 | 3,853 |
| 0,1.... | » | » | » | » | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

» Ce Tableau nous montre bien quelle est l'importance relative de la condensation dans une détente adiabatique, importance qui, malheureusement, perd tout ou partie de sa valeur dans la pratique actuelle. On remarquera les faibles différences qui existent entre les rendements organique et thermique, ce qui conduit à dire : en tant qu'utilisation théorique de la chaleur *utilisable*, un cylindre rigoureusement adiabatique serait un outil presque parfait; il n'en est pas de même,

bien entendu, du principe sur lequel est basée l'existence même du moteur, puisque la présence de la chaleur $\rho$, que l'on a dû dépenser dans la *fabrication* du fluide moteur, ne permet de mettre à la disposition du détendeur adiabatique, sous forme de chaleur utilisable, qu'une minime portion de la chaleur totale dépensée. Signalons aussi que, la pression initiale $p$ augmentant, la chaleur latente de vaporisation $r$ diminue; mais cette dernière quantité est la somme de la chaleur latente interne $\rho$ inutile, qui diminue aussi quand la pression augmente, et de la chaleur latente externe $Apu$ utile, qui, elle, augmente avec la pression. Il s'ensuit que, $\rho$ diminuant plus vite proportionnellement, on doit voir dans ce fait la véritable cause de l'augmentation du rendement, quand on augmente la pression de départ; car il ne faut pas ici considérer seulement la chute de températures comme pour les machines à gaz dits permanents.

» Tous les nombres précédents ont été déterminés en prenant pour base les valeurs expérimentales établies par Regnault. »

PHYSIQUE. — *Sur la transmission du son par les gaz.* Note de M. NEYRENEUF.

« Pour étudier les effets de transmission, dans le cas où le son se communique par contact direct de l'air au milieu que l'on veut étudier, il est nécessaire de modifier de la manière suivante l'appareil qui nous a précédemment servi. Le tube conducteur du son a été coupé vers son milieu et relié par des tubulures coudées à une caisse métallique en forme de parallélépipède. Celle-ci peut à volonté être disposée au-dessus ou au-dessous du niveau moyen du tube, de manière à pouvoir conserver dans le premier cas les gaz plus légers que l'air, dans le second ceux dont la densité est plus considérable. Deux robinets fixés sur les faces horizontales de la caisse permettent l'introduction et la sortie du gaz.

» On ne peut faire, dans ces conditions, que des déterminations qualitatives, à cause de l'incertitude sur l'épaisseur des milieux traversés; mais les résultats ne manquent pas néanmoins d'intérêt, surtout pour ce qui est relatif aux milieux peu denses.

» Si l'on opère soit avec l'acide carbonique, soit avec l'air mélangé à des vapeurs lourdes, le son arrive notablement plus affaibli que lorsqu'il a l'air pour unique véhicule. Ici agissent sans doute les réflexions si bien mises en évidence par Tyndall dans ses recherches sur l'opacité acoustique de l'atmosphère.

» Avec du gaz d'éclairage ou de l'hydrogène, le son éprouve une dimi-

nution d'intensité moindre qu'en traversant la même épaisseur d'air, et arrive à l'extrémité du tuyau plus fort que dans les conditions ordinaires. Ce résultat est en contradiction avec la propriété de l'hydrogène mise en évidence par l'expérience bien connue de Leslie; mais dans cette dernière expérience les vibrations ont à se communiquer d'un corps solide au gaz, tandis qu'avec la disposition adoptée elles se transmettent d'un gaz à un autre gaz, et, par conséquent, dans des circonstances bien différentes.

» Il était important de vérifier, pour de grandes épaisseurs, le pouvoir de transmission de l'hydrogène. J'ai employé, à cet effet, un long tube de caoutchouc disposé en U renversé, que l'on remplissait de gaz par une dérivation latérale. Une extrémité était fixée dans la caisse à timbre; l'autre, à cause de l'affaiblissement dû à la longueur du circuit, était approchée de l'oreille. Le son a toujours été perçu plus net et plus intense avec l'hydrogène qu'avec l'air seul.

» En redressant l'U, l'appareil devient propre à manifester avec l'acide carbonique un affaiblissement marqué. »

PHYSIQUE. — *Variation des indices de réfraction du quartz sous l'influence de la température*. Note de M. **H. Dufet**, présentée par M. Fouqué.

« Mes expériences ont porté : 1° sur la variation de la double réfraction; 2° sur la variation des deux indices, ordinaire et extraordinaire. J'ai ainsi trois séries indépendantes d'observations qui concourent à donner les valeurs définitives.

» Le quartz ayant servi aux expériences est taillé sous la forme d'un parallélépipède rectangle dont l'épaisseur dans le sens de l'axe est de $14^{mm},070$ et dans le sens perpendiculaire de $14^{mm},614$. Il a servi à M. R. Benoît pour ses déterminations encore inédites des coefficients de dilatation du quartz, et m'a été très obligeamment communiqué par M. Broch, directeur du laboratoire du Bureau international des Poids et Mesures.

» La première série d'expériences, portant sur la variation de la double réfraction, a été faite en observant le déplacement des franges de Fizeau et Foucault. Le quartz était placé dans une étuve de Gay-Lussac dont la température peut être maintenue absolument constante pendant plusieurs heures à l'aide d'un régulateur à vapeur d'éther, du système perfectionné par M. R. Benoît. Le déplacement des franges dû à une variation de température est apprécié au moyen d'un théodolite de Gambey, donnant les 5″, qui permet de relever la distance à la raie D des deux franges noires

qui la comprennent. Du nombre de franges déplacées pour une certaine variation de température, connaissant le coefficient de dilatation du quartz, on peut facilement déduire la variation de la double réfraction.

» Quinze équations traitées par la méthode des moindres carrés conduisent à la valeur suivante :

$$\left[-\frac{d(\mathrm{E}-\mathrm{O})}{dt}\right] = 0{,}00000097 + 0{,}0000000323\,t,$$

avec une erreur moyenne de 1,45, en unités du huitième ordre décimal.

» Les observations relatives à la variation des indices ont été faites en mesurant le déplacement des franges de Talbot. Les franges étaient produites entre le quartz chauffé et un quartz de compensation d'épaisseur $14^{mm},34$. L'appareil est éclairé par la lumière jaune de la soude; si la raie D correspond à une frange obscure, elle paraît divisée en deux raies brillantes d'égale intensité; si elle correspond à une frange brillante, elle paraît nette, mais bordée extérieurement de deux franges brillantes égales. Quand, par une variation de température, on passe d'un certain aspect de la raie D à un aspect identique, on a produit une augmentation ou une diminution de retard égale à λ.

» Ces expériences se faisant le plus souvent à la température variable, on ne peut admettre que la température du quartz chauffé soit à chaque instant égale à celle du thermomètre de l'étuve. Voici comment je crois pouvoir lever cette difficulté : les expériences précédentes, portant sur le déplacement des franges de Fizeau et Foucault, donnent ce déplacement pour des températures constantes, maintenues pendant plusieurs heures. Je mesure de nouveau ce déplacement en laissant l'étuve se refroidir de 100° à la température ambiante; je trouve entre les deux séries de mesure une différence dont je puis facilement déduire l'excès de la température du quartz sur celle marquée par le thermomètre, pour une valeur donnée de cette dernière.

» On connaît donc les températures corrigées du quartz chauffé, celles de l'étuve et celles du quartz de compensation et de l'air ambiant, qui correspondent au passage d'une frange. Il n'est pas difficile d'en déduire une équation reliant la dérivée de l'indice par rapport à la température aux données de chaque expérience.

» On peut d'ailleurs disposer l'appareil de trois manières différentes. Le quartz de compensation est parallèle à l'axe; disposant le quartz chauffé de manière que son axe soit perpendiculaire au faisceau lumineux, on peut

séparer à l'aide d'un nicol et observer les franges répondant à l'indice extraordinaire et à l'indice ordinaire. En tournant le quartz chauffé de 90°, on obtient encore les franges répondant à l'indice ordinaire. Les résultats bruts de l'expérience sont différents dans ces deux modes d'observation de l'indice ordinaire, à cause de la différence entre les coefficients de dilatation du quartz. L'effet dû à la dilatation l'emporte sur celui dû à la diminution d'indice, dans le cas où le quartz chauffé est parallèle à l'axe; c'est le contraire dans l'autre cas. Il en résulte qu'une erreur dans l'évaluation des températures affecte en sens contraire les résultats, et que leur concordance démontre la suffisance de la correction des températures du quartz que j'ai indiquée plus haut.

» Je ferai remarquer que, les deux faisceaux interférents n'étant pas séparés par des bilames, on n'a à faire aucune correction relative aux lames de verre qui ferment l'étuve, ni aux épaisseurs d'air chaud ou froid traversé en dehors des quartz.

» Les résultats obtenus ont été calculés en partant des résultats inédits que M. R. Benoît a bien voulu me communiquer, et dont je le remercie vivement. Les coefficients vrais de dilatation des quartz qu'il a déterminés sont :

» 1° Dans le sens parallèle à l'axe,

$$0,0000071102 + 0,00000001712t;$$

» 2° Dans le sens perpendiculaire à l'axe,

$$0,0000131615 + 0,00000002526t.$$

» L'indice de l'air est, d'après M. Benoît,

$$n = 1,0002921 - 0,0000010711t;$$

j'ai trouvé ainsi

$$-\frac{dE}{dt} = 0,00000722 + 0,00000001136t,$$

$$-\frac{dO}{dt} = 0,00000620 + 0,00000000877t.$$

» Les erreurs moyennes sont : pour $\frac{dE}{dt}$, 8,28, et pour $\frac{dO}{dt}$, 8,01, en unités du huitième ordre décimal. En combinant ces équations avec celle qui donne la variation de double réfraction et en attribuant à chaque équation un poids inversement proportionnel à l'erreur moyenne, on trouve en

définitive

$$-\frac{dE}{dt} = 0,00000720 + 0,0000000 1166t,$$

$$-\frac{dO}{dt} = 0,00000622 + 0,00000000848t. »$$

CHIMIE. — *Sur la détermination des densités de vapeur par déplacement gazeux sous pression réduite et variable.* Note de M. J. **Meunier.**

« J'ai réussi à prendre sous des pressions très réduites la densité de vapeur de produits d'addition de la benzine qui se décomposent en bouillant à la pression ordinaire. Je me suis servi, pour cela, de l'appareil suivant, qui est l'appareil de MM. Crafts et Meyer modifié (*Bulletin de la Société chimique,* t. XXXIII, p. 550).

» Cette modification porte principalement sur le tube en U gradué dans lequel ils mesurent seulement le volume gazeux dégagé, et qui, pour moi, indique le volume et la pression. Les deux branches de celui-ci sont munies à leur partie supérieure d'un robinet et communiquent entre elles et avec une cloche à vide. Au-dessus du robinet de la branche gauche est soudé le tube capillaire qui la relie avec le réservoir chauffé. Cette disposition permet d'établir ou d'interrompre à volonté la communication du réservoir et de la branche gauche avec la cloche. Les deux branches sont graduées en millimètres; elles contiennent de l'acide sulfurique et plongent dans une éprouvette pleine d'eau.

» Pour opérer, on chauffe le réservoir dans un manchon au moyen d'un corps bouillant à la température qu'on veut obtenir. On fait le vide dans l'appareil en établissant avec précaution la communication avec la cloche, puis on ferme le robinet de gauche; si les niveaux de l'acide sulfurique restent fixes, la température est constante. On note alors la pression $h$ dans la cloche, la température $t$ de l'éprouvette, et les niveaux de l'acide sulfurique, puis on laisse tomber la matière dans le réservoir. Au bout d'une demi-minute, le dégagement gazeux se produit; les niveaux varient : on lit les divisions où ils s'arrêtent dans l'une et l'autre branche et l'on a ainsi tous les éléments nécessaires pour calculer la densité.

» En effet, en écrivant que la densité est égale au rapport du poids P de la matière au poids de l'air dégagé, on a la formule

$$(1) \qquad D = \frac{P \times 76 \times (1 + \alpha t)}{1,293 \times vh}.$$

» Dans celle-ci $v$ représente le volume d'air dégagé à la pression $h$, celle de la cloche à vide; mais on a lu un volume plus petit $v'$, parce que la pression $h$ est devenue $h'$ par suite de la différence de niveau de l'acide sulfurique dans les deux branches. Il faut donc calculer la valeur de $vh$. On a [1]

$$(2) \qquad (V + v)h = (V + v')h', \quad \text{d'où} \quad vh = V(h' - h) + v'h'.$$

» La quantité $h' - h$ est égale à la différence des niveaux de l'acide sulfurique. Si l'on rétablit l'égalité de niveau $h' - h = 0$ et $vh = v'h'$, il ne reste plus que la formule (1), celle de l'appareil de V. Meyer.

» Cette méthode garde sa sensibilité à mesure qu'on réduit la pression, car, dans ce cas, $h'$ diminue en valeur absolue et le terme $v'h'$ s'efface de plus en plus, tandis que $V(h' - h)$ garde à peu près toujours la même valeur; il est facile de choisir des poids de matière tels qu'on ait toujours environ $0^m,15$ de différence de niveaux d'acide sulfurique, et la faible densité de ce liquide permet d'évaluer $h' - h$ avec une grande précision.

» On détermine la capacité des divisions de la branche gauche par un simple jaugeage au mercure. Cela fait, on obtient, par la méthode voluménométrique de Regnault, le volume V, qui comprend le réservoir, sa tige, le tube abducteur et la branche gauche jusqu'au niveau initial de ce liquide; dans ce but, on verse du mercure qui pénètre dans les deux

---

[1] Cette équation n'est rigoureusement exacte qu'au cas où toutes les parties de la masse gazeuse sont ramenées à la même température.

Partageons le volume $V + v$ en parties ayant dans toute leur étendue une température uniforme et divisons par le binôme de dilatation. La somme des quotients pourra s'exprimer par $\frac{V + v}{k}$, $k$ étant une constante, car le régime de température est établi au moment de l'opération.

Les mêmes considérations permettent d'écrire $\frac{V + v'}{k'}$.

On a donc

$$\frac{V + v}{k} h = \frac{V + v'}{k'} h'.$$

Mais, comme le régime de température n'est pas sensiblement troublé par le dégagement gazeux, que chaque partie garde sa température propre, que $v$ et $v'$, $h$ et $h'$ sont du reste très voisins, on a

$$k = k'$$

à un degré d'approximation suffisant, justifié, comme on le verra plus loin, par l'expérience.

branches, puis on ferme le robinet de la branche gauche, et l'on verse de nouveau mercure dans la branche droite, ce qui diminue V d'une quantité $v$, et l'augmentation de pression est égale à la différence de niveaux $h$ :

$$V = v\frac{H+h}{h}.$$

» Pour mon appareil, la moyenne de six déterminations a été : $100^{cc},56$; celle de onze déterminations, $100^{cc},87$.

» J'ai soumis cette méthode au contrôle expérimental en prenant, à la température d'ébullition de la naphtaline, les densités de vapeurs des corps suivants :

| | Ébullition. | Densité théorique. | Densité expérimentale. |
|---|---|---|---|
| Diphényle | 240° | 6,1 | 6,01 |
| Dibenzyle | 285 | 6,30 | 6,69 |
| Hexachlorure de benzine (ord.) | 288 | 10,03 | 10,139 |

» La température d'ébullition de la naphtaline (220°) a été trop faible pour prendre la densité de vapeur de l'hexachlorure de benzine isomérique (*Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 436); j'ai dû recourir à celle du benzoate d'amyle (260°).

» J'ai fait deux opérations à cette température :

La première, sur $0^{gr},0205$ de matière, m'a donné $D = 9,365$;
La deuxième, sur $0^{gr},0177$ » $D = 9,207$.

» Quoique un peu faibles, ce qui doit être attribué à une légère décomposition de la matière, ces chiffres montrent que ce corps doit être représenté par la formule $C^6H^6Cl^6$.

» Quand, avec cet appareil, on emploie de trop grandes quantités de matière, le dégagement gazeux s'arrête et les niveaux de l'acide sulfurique se fixent aussitôt que la vapeur a atteint sa tension maxima pour la température du réservoir. Cette tension est mesurée par $h'$.

» On pourra donc, en opérant à plusieurs températures connues, avoir des repères pour construire la courbe figurative des tensions maxima et déterminer ainsi, sans thermomètre et avec de très petites quantités de substance, les points d'ébullition de ces corps bouillant à une température élevée et sujets à se décomposer.

» Dalton a énoncé cette loi : « Les corps, à une égale distance de leur » point d'ébullition, ont la même tension de vapeur. »

» Inexacte dans le cas général, elle a été vérifiée par Landolt pour les corps appartenant à une même série organique (*Annales de Liebig, Supplementband,* 1868). Elle permettrait de simplifier le travail en question, en réduisant à un petit nombre les évaluations nécessaires à la détermination de ce point [1]. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du sulfure de potassium sur le sulfure de mercure.* Note de M. A. DITTE, présentée par M. Debray.

« Un grand nombre de sulfures métalliques donnent lieu, quand on les met en contact avec les sulfures alcalins, à des phénomènes intéressants; je demande à l'Académie la permission de lui signaler les principaux, en réservant les détails pour un Mémoire plus étendu.

» Quand on met du sulfure de mercure précipité dans une solution concentrée et froide de sulfure de potassium, il s'en dissout une grande quantité; puis, une fois la liqueur saturée, l'excès se transforme en belles aiguilles blanches, transparentes et brillantes, qui renferment HgS, KS, 7HO. En opérant dans une liqueur chaude, le sulfure métallique se change en paillettes brillantes, jaune d'or, qui renferment HgS, KS, HO. La formation de ce sulfure double a lieu avec un dégagement de chaleur notable; si, dans une solution concentrée et froide de sulfure de potassium, on laisse tomber du sulfure de mercure en poudre, celui-ci se prend instantanément en une masse dure et compacte, la liqueur s'échauffe beaucoup, et, au bout de quelque temps, le sulfure métallique est entièrement changé en cristaux blancs de sulfure double [2].

» Le sulfure double HgS, KS se dissout, sans décomposition, dans une solution concentrée de sulfure alcalin, mais les solutions étendues et l'eau pure le détruisent instantanément; quand on chauffe une solution de ce composé, elle se détruit comme lorsqu'on lui ajoute de l'eau. La température s'élevant, il arrive bientôt un moment où le poids de sulfure alcalin libre que la liqueur renferme est la quantité minimum que la liqueur doit contenir à cette température pour ne pas décomposer le sel double; si alors on chauffe un peu plus, l'équilibre est rompu, et le sulfure double

---

(1) Ce travail a été fait au laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences.

(2) La mesure de la quantité de chaleur dégagée dans cette réaction n'a pu être faite, l'organisation actuelle du laboratoire de la Faculté de Caen ne permettant pas l'installation d'un calorimètre.

se détruit, la liqueur se trouble, et l'on y voit apparaître un précipité d'autant plus abondant que l'on chauffe davantage; en laissant refroidir la liqueur et l'agitant fréquemment, ce précipité se redissout, l'état d'équilibre de la dissolution redevenant ce qu'il était avant d'avoir été modifié par l'élévation de température.

» Le précipité obtenu dans ces circonstances n'est pas du sulfure de mercure amorphe et noir, comme celui qui se produit quand on verse de l'eau froide sur le sulfure double; il est formé par de belles aiguilles noires très brillantes, le plus souvent réunies en groupes radiés et contenant encore du sulfure de potassium : c'est un nouveau sulfure double dont la composition répond à la formule 5HgS, KS, 5HO.

» Ce composé peut être obtenu directement en introduisant un excès de sulfure de mercure dans une solution de sulfure de potassium concentrée, mais pas assez pour donner les aiguilles blanches du sulfure double HgS, KS; une partie du sulfure métallique se dissout, et, au bout de quelques heures, le reste est transformé en belles aiguilles noires et brillantes du composé 5HgS, KS, 5HO.

» Les cristaux noirs sont d'autant plus brillants et plus volumineux qu'ils se sont formés plus lentement; l'eau ne les dissout pas en quantité appréciable, mais elle les décompose. Si, en effet, après les avoir séparés de la liqueur alcaline, on les lave à l'eau froide, celle-ci passe limpide tant qu'elle renferme une certaine proportion de sulfure alcalin; mais, en faisant digérer les cristaux dans une grande quantité d'eau, ils perdent bientôt leur éclat et deviennent ternes; comme ils sont presque insolubles, l'attaque se fait par la surface, il se dissout du sulfure de potassium et il se sépare du sulfure noir et amorphe de mercure qui trouble la liqueur; au bout d'un certain temps, les aiguilles ont totalement disparu. La décomposition est beaucoup plus rapide quand on opère dans l'eau chaude, surtout à la température de l'ébullition

» Ainsi, lorsqu'on place du sulfure de mercure au contact d'une solution de sulfure de potassium, celle-ci en dissout toujours une certaine quantité; si elle est étendue, les choses restent en cet état et l'excès de sulfure métallique n'éprouve aucune transformation, même après plusieurs mois de contact. Si la liqueur dépasse un certain degré de concentration, le sulfure de mercure en excès se change en aiguilles noires de sulfure double 5HgS, KS, et cela d'autant plus vite que la température de l'expérience est plus haute; mais, d'autre part, il faut pour déterminer la cristallisation une liqueur d'autant plus riche en sulfure alcalin qu'on opère à

température plus élevée. Enfin, si la liqueur alcaline atteint un plus grand degré de concentration, la production du sulfure double HgS, KS devient possible, et l'on voit se former peu à peu des cristaux blancs qui remplacent bientôt totalement le sulfure de mercure primitif. A une température donnée, on peut donc obtenir l'un ou l'autre des sulfures doubles, suivant que la liqueur employée est plus ou moins riche en sulfure alcalin.

» Le sulfure double 5HgS, KS pouvant se former aux dépens du composé HgS, KS quand on chauffe une dissolution de ce corps prise dans des conditions convenables, on peut, avec une même liqueur alcaline, un peu plus riche en sulfure de potassium que celle qui décompose à froid le sel HgS, KS, obtenir à volonté l'un ou l'autre des deux sels doubles en changeant les conditions de température; si l'on prend, par exemple, une liqueur contenant 1000 parties d'eau, 428 parties de sulfure de potassium et 647 parties de sulfure de mercure, puis qu'on la fasse bouillir avec un excès de ce dernier, celui-ci est entièrement changé en aiguilles noires; mais, si l'on filtre la liqueur chaude et qu'on l'abandonne au refroidissement, une partie du sulfure alcalin libre se combine à mesure que la liqueur se refroidit avec le sulfure double 5HgS, KS resté en dissolution, et il se dépose des aiguilles blanches brillantes du composé HgS, KS, 7HO.

» Les conditions d'équilibre d'une liqueur sont, d'ailleurs, toujours modifiées quand on la met en présence d'un excès de sulfure de mercure. Si l'on prend, par exemple, une solution froide quelconque renfermant des cristaux du sel double HgS, KS, 7HO et qu'on la mélange avec un excès de sulfure de mercure, on voit les cristaux blancs disparaître peu à peu; les conditions de l'équilibre, la température demeurant invariable, sont entièrement modifiées, et bientôt la liqueur ne renferme plus que des aiguilles noires du sulfure double 5HgS, KS, 5HO.

» Ce dernier se forme donc toujours dans une liqueur alcaline dépassant un certain degré de concentration, mais, en même temps, trop pauvre en sulfure alcalin pour permettre la formation du composé HgS, KS; il se produit ainsi dans les liqueurs alcalines très concentrées mises en présence d'un excès de sulfure de mercure, et enfin quand on décompose sous l'action de la chaleur les solutions du sulfure double HgS, KS. Dans ce dernier cas, les cristaux du sulfure 5HgS, KS peuvent, suivant les circonstances, présenter diverses formes; ils peuvent être accompagnés aussi de sulfure de mercure diversement cristallisé; l'étude de ces particularités intéressantes fera l'objet d'une prochaine Communication. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphates acides de baryte.* Note de M. **A. Joly**, présentée par M. Debray.

« Lorsqu'on met en présence de l'eau, à la température ordinaire, le phosphate acide de baryte $BaO, 2HO, PhO^5$, ce sel se décompose; il se précipite du phosphate bibarytique $2BaO, HO, PhO^5$ et le liquide très acide renferme de la baryte et de l'acide phosphorique. Ce phénomène est analogue à celui que j'ai étudié dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. XCVII, p. 1480); il en diffère cependant par les limites différentes que l'on observe lorsque, mettant en présence d'un même poids d'eau des poids croissants de sel, on détermine le rapport vers lequel tendent les poids de base et d'acide contenus dans le liquide résultant.

» A une température moyenne de 15°, des poids croissants de phosphate monobarytique sont mis en présence d'un même poids d'eau ($100^{gr}$). Dans un même volume de chacune des liqueurs, on dose la baryte et l'acide phosphorique. Supposons que la totalité de la base reste combinée à l'acide pour constituer du phosphate monobarytique dissous sans décomposition, en présence d'un excès d'acide phosphorique. Cet acide se trouvera ainsi partagé en deux fractions : l'une que j'appellerai *combinée*, l'autre que j'appellerai *libre*, et qu'il est facile de calculer. Quelques-uns des résultats ainsi obtenus sont portés au Tableau ci-dessous; j'ai calculé de plus le rapport R de l'acide phosphorique total à l'acide phosphorique combiné; le poids $p$ de phosphate monobarytique dissous, le poids P du sel primitif entré en réaction (1), et enfin le rapport $\frac{p}{P}$ qui représente la fraction de ce sel qui s'est dissous sans décomposition (2).

| | | Acide phosphorique | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P. | Baryte. | total. | combiné. | libre. | $p$. | $\frac{p}{P}$. | R. |
| 0,96.......... | 0,395 | 0,39 | 0,37 | 0,02 | 0,85 | 0,89 | 1,06 |
| 2,83.......... | 1,05 | 1,10 | 0,97 | 0,13 | 2,27 | 0,80 | 1,12 |

(1) J'ai préféré faire porter la comparaison sur le poids de sel calculé, plutôt que sur celui qui avait été employé réellement, afin de n'avoir pas à tenir compte des changements de volume qui accompagnent la réaction.

(2) Si l'on cherche à corriger les nombres observés en tenant compte de la solubilité propre dans l'eau du sel précipité, on voit immédiatement que ces corrections sont insensibles.

| P. | Baryte. | Acide phosphorique total. | Acide phosphorique combiné. | Acide phosphorique libre. | $p$. | $\frac{p}{P}$. | R. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,23.......... | 1,46 | 1,80 | 1,36 | 0,44 | 3,14 | 0,61 | 1,32 |
| 5,53.......... | 1,40 | 1,84 | 1,30 | 0,54 | 3,03 | 0,55 | 1,41 |
| 7,55.......... | 1,82 | 2,46 | 1,69 | 0,77 | 3,93 | 0,52 | 1,46 |
| 10,28.......... | 2,33 | 3,28 | 2,16 | 1,12 | 5,02 | 0,49 | 1,52 |
| 20,22.......... | 3,86 | 6,13 | 3,58 | 2,55 | 8,34 | 0,41 | 1,71 |
| 30,30.......... | 5,12 | 8,88 | 4,75 | 4,13 | 11,07 | 0,365 | 1,82 |
| 45,60.......... | 7,26 | 13,15 | 6,74 | 6,41 | 15,70 | 0,345 | 1,95 |
| 72,40.......... | 11,20 | 20,73 | 10,37 | 10,36 | 24,15 | 0,333 | 1,99 |

» On voit, à l'inspection du Tableau ci-dessus, que le poids P de sel mis en présence d'un même poids d'eau croissant de 1 à 72, le rapport R de l'acide phosphorique total à l'acide phosphorique combiné croît de 1 à 1,99 ou sensiblement 2; c'est-à-dire que dans la solution la plus concentrée, qui avait été obtenue en maintenant un excès de sel monobarytique en présence du dissolvant, l'acide phosphorique et la baryte sont dans le rapport de $2^{éq}$ d'acide a $1^{éq}$ de base, ce qui correspond à la formule

$$BaO, 2HO, PhO^5 = \tfrac{1}{3}(2BaO, PhO^5) + \tfrac{1}{3}(BaO, 2HO, PhO^5) + \tfrac{1}{3}(PhO^5, 3HO).$$

» Un tiers du phosphate acide se trouve ainsi dissous sans décomposition, tandis que les deux autres tiers se sont dédoublés en phosphate bibasique précipité et en acide phosphorique dissous.

» Pour suivre de plus près la marche du phénomène, on peut employer soit la méthode graphique, soit calculer une formule empirique. Le tracé graphique construit en prenant pour abscisses les valeurs de P et comme ordonnées le rapport $\frac{p}{P}$ montre immédiatement que le phénomène n'est pas continu. Pour les valeurs de P inférieures à 6, la courbe est sensiblement une ligne droite dont l'équation, en posant $P = x$ et $\frac{p}{P} = y$, serait

(1) $$y = 1 - 0,077x.$$

» Une exponentielle

(2) $$y = \frac{1}{1,095^2}$$

représente plus exactement encore les résultats de l'expérience.

» Mais dès que P prend des valeurs voisines de 6, c'est-à-dire dès que $\frac{p}{P}$

atteint 0,55 environ, la courbe s'infléchit brusquement vers l'axe des $x$ et devient asymptote à la droite $y = 0,33$. P variant de 5,5, le rapport $\frac{p}{P}$ ne varie plus que de 0,55 à 0,33.

» La formule

$$(3) \qquad y = 0,33 + \frac{0,34}{1,077^2},$$

dont les coefficients ont été calculés à l'aide de toutes les données de l'expérience, représente exactement cette partie du phénomène.

La décomposition du phosphate monobarytique par l'eau présente donc deux phases successives.

» Dans la première, le poids de phosphate monobarytique mis en présence d'un même poids d'eau, allant en croissant en progression arithmétique, le poids de ce sel qui se dissout sans éprouver de décomposition décroît en progression géométrique. Mais dès que la moitié environ du sel primitif a été décomposée, le phénomène change. J'admets qu'il s'est formé dans la liqueur un sel bi-acide BaO, $2PhO^5$, Aq, en partie décomposé, dont la proportion va en augmentant en même temps que l'acidité de la liqueur, et qui, à la limite, subsisterait seul.

» Les phénomènes que l'on observe lorsque l'on étend d'eau les solutions les plus acides, maintenues en présence du phosphate bibarytique précipité et qui sont analogues à ceux que j'ai observés et décrits avec le sel de chaux, s'accordent avec cette manière de voir.

» En étudiant de la même manière la décomposition par l'eau des phosphates monobasiques de chaux et de strontiane, à la température ordinaire, ou à des températures constantes de 0°, 50° et 80°, je suis conduit à admettre la formation de sels polyphosphoriques à MO, $2PhO^5$, Aq ou 2MO, $3PhO^5$, Aq. »

CHIMIE. — *Sur la solubilité des sels.* Note de M. **Etard**, présentée par M. Cahours.

« Dans une précédente Note, j'ai montré que, pour se faire une idée précise de la solubilité des sels, il fallait déterminer cette dernière entre des limites de température très écartées et que, dans ces conditions, on pouvait admettre pour tous les sels une solubilité proportionnelle à la température et représentée, dès lors, par une droite plus ou moins inclinée. Tous les changements que subit cette loi sont passagers et correspondent, non pas

à une variation dans le phénomène de la solubilité, mais à un état de dissociation que subissent vraisemblablement, en dehors de la solubilité, les combinaisons de la matière dissoute avec le dissolvant. Pour démontrer la réalité de mes suppositions, outre les courbes très étendues que j'ai déterminées personnellement pour les sels halogènes cités dans ma précédente Note, j'ai transformé les documents publiés par divers auteurs en courbes exprimant des teneurs centésimales, et, lorsque ces documents, publiés sans idée préconçue, sont assez précis, ils satisfont exactement aux conditions que j'ai formulées. Telles sont les solubilités de l'azotate de potassium (Gay-Lussac), de l'azotate de sodium (Maumené), des chlorate, bromate et iodate de sodium (Kremers), etc.

» Mais le plus souvent les courbes publiées sont des droites sans aucune perturbation ($KCl$, $NaCl$, $BaCl^2$, $SO^4Zn$, $SO^4Mg$) ou bien des courbes simples sans aucune apparence de prolongation droite ou asymptotique [alun, $HgCl^2$, $(AzO^3)^2Ba$]. Dans ce cas j'ai admis que les expériences étaient insuffisantes et qu'on se trouvait en présence d'une faible portion, droite ou courbe, de la ligne complète de solubilité. Aussi, en prolongeant par quelques nouveaux points au-dessus ou au-dessous de zéro les graphiques publiés, on les voit rentrer dans la règle générale et, selon le cas, s'infléchir ou se redresser.

» Pour donner la solubilité des sels sans employer un grand nombre de chiffres, il suffira donc d'exprimer la solubilité des portions droites, le plus souvent très étendues, de la courbe de solubilité complète, par la formule $s = a + bt$ et de fournir quelques points pour la courbe de perturbation.

» Il est à remarquer que, pour une même famille de métaux combinés aux halogènes, l'aspect des courbes est très semblable. C'est ainsi que les courbes des halogènes de Ca, Sr, Ba sont presque identiques. Il en est de même pour celles de Mg, Zn, Cd, de sorte que les courbes de solubilité, assez complètes, des divers sels ont un aspect fort peu varié.

» Dans la détermination des points extrêmes des courbes de solubilité, on peut se servir avec avantage, pour les basses températures, du chlorure de méthyle donnant pratiquement un froid de — 20°. J'ai déterminé les solubilités à température élevée en introduisant un excès de sel cristallisé avec une certaine quantité de sa solution saturée à froid dans un tube en verre vert. Ce tube est étiré comme dans le cas des tubes scellés en usage en Chimie organique; mais, avant de fermer la pointe, on étire ce tube vers le milieu, de façon à produire un étranglement capable de réduire son

diamètre de moitié; en même temps on recourbe le tube au point étranglé d'un angle de 45° environ. Ensuite on ferme la pointe, et l'on chauffe cet appareil dans un bain d'huile à thermostat, en agitant de temps à autre. Il suffit ensuite de renverser ce tube en décantant du liquide saturé de la première chambre dans la seconde. On s'arrange de façon que les deux chambres en question soient à peu près d'égale capacité et contiennent environ 15gr de matière chacune après la décantation, pour éviter les condensations inégales de vapeur.

» Dès que le tube s'est refroidi jusqu'à 90° environ, on le coupe à l'étranglement, puis le tout est pesé; on analyse le contenu et l'on pèse le tube vide. La méthode appliquée sur les quantités indiquées donne des résultats concordants et précis. Les points obtenus viennent se placer dans la prolongation de la ligne tracée pour la pression normale, ce qui fait penser que, si la pression a de l'influence sur la solubilité, elle ne s'exerce pas dans d'aussi faibles limites que celles que j'ai mises en jeu. De plus on peut observer au delà de 100° des perturbations de même forme que celles observées pour des sels analogues à la pression normale, perturbations montrant tantôt une augmentation, tantôt une diminution rapide de la solubilité, alors qu'on admet que la pression a pour effet d'augmenter celle-ci.

» Après ces généralités, il me restera à passer en revue quelques-unes des particularités que présente la solubilité de certains sels ou groupes de sels et à montrer que, dans tous les cas où une perturbation se manifeste dans les droites de solubilité, on peut rapporter celle-ci à la formation ou à la destruction de combinaisons, le plus souvent d'hydrates. Cela ne peut être rendu suffisamment certain que par une série d'exemples. Je décrirai aujourd'hui le cas du sel marin.

» La solubilité du chlorure de sodium est bien connue entre 0° et 100° : c'est une droite, et la quantité de sel anhydre contenue dans 100 parties de solution aux diverses températures est donnée par la formule

$$S = 26,4 + 0,0248\,t,$$

si 26,4 est la quantité de sel anhydre dissous à 0°. En prenant la solubilité à 120°, 140°, 160°, j'ai constaté que cette formule continue à s'appliquer : les points se placent dans la prolongation de la droite primitive et la solubilité est toujours de 0,0248 pour 100 par degré de température. Mais, comme on a décrit un hydrate de chlorure de sodium $NaCl, 2H^2O$, se formant au-dessous de zéro et perdant son eau de cristallisation au-

dessus de $-10^\circ$, j'ai pensé que la droite de solubilité devait s'infléchir vers ce point. Cette prévision est confirmée par l'expérience; à partir de $0^\circ$ la droite de solubilité commence à s'altérer, et en prenant les solubilités à $-5^\circ$, $-10^\circ$, $-15^\circ$, $-22^\circ$, on constate que celles-ci diminuent plus vite que ne l'exige la formule ci-dessus, qui demande 26,0 pour 100 de sel dissous à $-21^\circ$, alors qu'il n'y en a que 23,5 pour 100. En laissant remonter la température au-dessus de zéro, on rentre bientôt avec la même préparation et les mêmes moyens de dosage dans la droite bien connue du sel marin. Ce fait de la perturbation de la solubilité du sel marin, qui n'avait pas été aperçu et qui a été prévu par les considérations que j'ai exposées, est évidemment en rapport avec l'existence de l'hydrate défini $NaCl, 2H^2O$, la perturbation de la courbe du chlorure de sodium ayant lieu, précisément, aux températures où cet hydrate prend naissance et se détruit.

» Je reviendrai prochainement sur ce sujet. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Chlorure d'argent ammoniacal et iodure d'argent ammoniacal cristallisés.* Note de M. **Terreil**, présentée par M. Fremy.

« Le chlorure d'argent ammoniacal et l'iodure d'argent ammoniacal n'étaient connus jusqu'alors qu'à l'état amorphe; je viens d'obtenir ces composés cristallisés en opérant de la manière suivante.

» J'ai introduit du chlorure d'argent ammoniacal amorphe avec une dissolution saturée d'ammoniaque, dans un matras en verre que j'ai fermé à la lampe, puis j'ai exposé le tout au bain-marie à la température de l'eau bouillante.

» Dans ces conditions, le chlorure d'argent s'est dissous entièrement et en grande quantité; la liqueur, en refroidissant, a laissé déposer de longs prismes lamellaires, blancs, formés d'aiguilles accolées.

» Au contact de l'air, ces cristaux perdent rapidement de l'ammoniaque; la lumière les noircit; ils se transforment en même temps en paillettes micacées microscopiques et deviennent très friables. L'eau les décompose en les rendant opaques.

» Le chlorure d'argent ammoniacal cristallisé, après avoir été desséché sous une cloche en présence de la chaux vive, a fourni à l'analyse la composition suivante, qui correspond à la formule $AgCl, 2AzH^3$ :

| | Nombres trouvés. | Nombres calculés. |
|---|---|---|
| Chlorure d'argent | 81,77 | 80,87 |
| Ammoniaque | 18,23 | 19,13 |

» L'iodure d'argent saturé de gaz ammoniac, placé dans les mêmes conditions, ne se dissout qu'en assez faible quantité dans l'ammoniaque; la liqueur, en refroidissant, laisse déposer des paillettes micacées très fines qui sont blanches, mais qui prennent assez rapidement un ton violacé, tandis que la partie amorphe qui ne s'est point dissoute reste indéfiniment blanche. Si l'on élève de nouveau la température, les paillettes violacées se dissolvent, et, par le refroidissement, elles reparaissent blanches, puis se teintent de nouveau en violet.

» Exposées à l'air, les paillettes d'iodure d'argent ammoniacal dégagent de l'ammoniaque et perdent leur teinte violacée en devenant jaunes. Vues au microscope, ces paillettes présentent la forme de tables octogonales.

» La composition de l'iodure d'argent ammoniacal cristallisé correspond également à la formule $AgI, 2AzH^3$, comme l'indique l'analyse qui suit :

| | Nombres trouvés. | Nombres calculés. |
|---|---|---|
| Iodure d'argent | 87,93 | 87,35 |
| Ammoniaque | 12,07 | 12,65 |

» J'ai voulu préparer, par la même méthode, le bromure d'argent ammoniacal cristallisé, en faisant agir, en vase clos, la dissolution d'ammoniaque sur du bromure d'argent saturé de gaz ammoniac.

» Lorsque l'eau du bain-marie a commencé à bouillir, je vis le bromure d'argent amorphe entrer en fusion; il ressemblait alors à du phosphore fondu. Quelques minutes après, l'ébullition de l'eau étant devenue régulière, une forte explosion se produisit. La capsule en porcelaine qui servait de bain-marie et le matras en verre qui contenait la substance furent, en quelque sorte, pulvérisés. Un grillage en gros fils de laiton, qui servait de support sur le fourneau à gaz, a été défoncé et déchiré sur un diamètre de $0^m,12$, et cependant le matras ne contenait pas plus de $4^{gr}$ à $5^{gr}$ de bromure d'argent.

» Cette expérience, que je n'ai pas encore répétée, semble démontrer que le bromure d'argent ammoniacal est peu soluble dans l'ammoniaque liquide, qu'il entre en fusion vers 90° et qu'il détone vers 100°.

» En faisant réagir dans les mêmes conditions l'ammoniaque sur du phosphate d'argent saturé de gaz ammoniac, ce dernier s'est dissous rapidement; mais, en voyant la liqueur incolore brunir et laisser déposer un corps noir brun amorphe, ressemblant à de l'azoture d'argent, je n'ai pas poussé plus loin l'expérience, qui me paraît dangereuse. »

CHIMIE MINÉRALOGIQUE. — *Sur une pseudomorphose artificielle de la silice.* Note de M. A. GORGEU, présentée par M. Friedel.

« Les cristaux de fayalite artificielle calcinés au contact de l'air commencent à s'oxyder au rouge sombre; en continuant l'application de la chaleur pendant sept à huit heures au rouge cerise clair jusqu'à ce que la substance ne change plus de poids, on constate une absorption d'oxygène (7,3 à 7,5 pour 100) qui correspond à peu près à celle (7,8 pour 100) qu'exige la transformation complète du protoxyde de fer en sesquioxyde.

» Après ce grillage les cristaux de silicate neutre primitivement transparents et gris sont devenus opaques et noirs tout en conservant leur forme. Traités par l'acide chlorhydrique concentré et bouillant, ils laissent insoluble la totalité de la silice colorée en jaune clair par une très petite quantité de peroxyde de fer.

» Cette silice est transparente, contient $\frac{4}{100}$ à $\frac{6}{100}$ d'eau qu'elle perd à la calcination et se dissout dans la solution bouillante de carbonate sodique saturée à froid, comme les hydrates ordinaires de l'acide silicique.

» Sa forme et l'action qu'elle exerce sur la lumière polarisée sont particulièrement remarquables.

» Sa forme est exactement celle des cristaux de fayalite employés et, par conséquent, celle des péridots. Son action sur la lumière polarisée est, en apparence, celle d'un corps cristallisé biréfringent lorsqu'elle a été séchée, et celle d'un corps monoréfringent quand elle est au sein de l'eau.

» M. Emile Bertrand, à qui j'ai communiqué ces faits, a bien voulu examiner cette pseudomorphose de la silice; voici le résultat des observations de ce savant minéralogiste :

» Cette substance, placée entre deux nicols croisés, rétablit la lumière; si l'on ajoute de l'eau et un verre mince par-dessus, le rétablissement de la lumière n'a plus lieu. Ce dernier fait est absolument incompatible avec la supposition que ces soi-disant cristaux seraient biréfringents.

» La silice en question n'est pas cristallisée; elle est monoréfringente et agit sur la lumière polarisée comme feraient des prismes de matières transparentes, amorphes ou monoréfringentes.

» Ces conclusions sont déduites des observations suivantes :

» La forme de la substance est prismatique sous un angle assez aigu.

» Ceux des cristaux (?) qui présentent deux faces parallèles avec un biseau de chaque côté, placés entre deux nicols croisés, ne rétablissent pas la lumière dans la région où le

rayon polarisé pénètre normalement, quelle que soit leur position relativement au plan de polarisation du nicol inférieur.

» Les cristaux ne ramènent pas la lumière lorsqu'ils sont placés de telle sorte que leur allongement soit dirigé suivant le plan de polarisation du rayon incident ou à 90° de cette position.

» Enfin, et c'est là le fait le plus important, dans toute autre position que les deux précédentes, le rayon lumineux qui les a traversés est polarisé dans un plan, c'est-à-dire qu'il peut être éteint en tournant le nicol analyseur d'un angle convenable sans que l'on remarque de changement de couleur. Des cristaux biréfringents dans les mêmes conditions donneraient à la sortie un rayon polarisé elliptiquement, qui, par suite, ne pourrait être éteint en tournant l'analyseur.

» L'interposition de l'eau d'indice plus voisin de celui de la silice que n'est l'indice de l'air détruit l'effet que produisent les prismes dans l'air. »

» On peut obtenir la même pseudomorphose de la silice, en prenant pour point de départ la knébélite artificielle bien cristallisée [1] (23 pour 100 MnO, 47 de FeO). La knébélite naturelle (34 pour 100 MnO, 34 de FeO), traitée comme la fayalite, laisse insoluble dans l'acide chlorhydrique toute sa silice; mais comme ce minéral ne se trouve dans la nature que sous forme de masses laminaires, on ne constate la biréfringence que dans certaines régions anguleuses du produit obtenu. Ces derniers faits me semblent confirmer la conclusion de M. E. Bertrand.

» La téphroïte, la rhodonite, les silicates naturels renfermant $\frac{10}{100}$ à $\frac{20}{100}$ de protoxyde de fer, tels que l'hypersthène, le diallage, la hornblende ne s'oxydant pas notablement, lorsqu'on les grille au contact de l'air, ne peuvent donner naissance à une pseudomorphose de la silice dans les mêmes circonstances que le silicate neutre de fer.

» Je me propose de rechercher, à l'aide des composés ferreux oxydables au rouge et renfermant un acide insoluble dans les acides énergiques, s'il est possible de produire de nouvelles pseudomorphoses. »

CHIMIE. — *Analyse de l'eau minérale de Brucourt.* Note de M. **Ch. Cloëz**, présentée par M. Vulpian.

« La commune de Brucourt (Calvados), située à $4^{km}$ au sud de Dives, possède une source d'eau minérale très peu connue, bien que sa découverte remonte à plus de deux siècles. Musner (1637) et Lepecq de la Clôture (1776) font le plus grand éloge des propriétés thérapeutiques de la

[1] *Comptes rendus*, avril 1884.

fontaine minérale dite *de Dives*, et lui assignent un rôle souverain dans la guérison de l'inappétence et des maladies de la peau, dartres, taches de rousseur, etc. L'analyse de ces eaux fut faite à plusieurs reprises, et en dernier lieu par M. O. Henry, Membre de l'Académie de Médecine; mais la source était alors dans un état de délabrement tel, qu'il fallait plusieurs minutes pour arriver à recueillir $1^{lit}$ d'eau. Depuis ce temps, des travaux de captage très bien conçus ont porté remède à toutes les infiltrations, et l'eau coule beaucoup plus abondamment.

» Le relief de la contrée sud de Dives est assez peu accentué; il était donc à craindre que les eaux alimentant la fontaine de Brucourt ne fussent superficielles et que la composition de ces eaux ne fût considérablement influencée par les pluies ou les changements de saison. D'autre part, les travaux de captage ayant augmenté, comme je l'ai déjà dit, le débit de la source, il était intéressant de savoir si l'analyse de l'eau, dans ces nouvelles conditions, conduirait aux nombres que M. O. Henry avait déjà publiés. Tel est le point de départ des recherches dont je communique aujourd'hui les résultats à l'Académie.

» L'eau de Brucourt, neutre aux réactifs colorés les plus sensibles, est très claire et se conserve bien dans les bouteilles, quoiqu'il existe un léger dépôt ocreux dans le bassin d'où la source sort au jour.

» Mes analyses m'ont conduit aux résultats suivants :

*Eau de Brucourt puisée le 1er avril 1884. Résidu fixe (séché à 180°), 2gr, 3305.*

| | |
|---|---|
| Soude | 0,1122 |
| Potasse | 0,0151 |
| Magnésie | 0,3006 |
| Chaux | 0,4933 |
| Oxyde ferreux | 0,0213 |
| Alumine et silice | 0,0710 |
| Acide sulfurique | 0,8156 |
| » chlorhydrique | 0,1802 |
| » carbonique (des bicarbonates) | 0,5076 |

» Ces résultats sont presque identiques à ceux que M. O. Henry avait publiés en 1862; mais nos analyses diffèrent notablement dans la répartition de ces divers éléments. Pour arriver d'une façon aussi exacte que possible à cette répartition, je me suis astreint à doser chaque composé d'abord dans le résidu total de l'évaporation, puis, après avoir repris ce résidu par l'eau distillée, à faire de nouveau les dosages dans la partie so-

luble et dans la partie insoluble, la somme de ces deux derniers dosages devant être égale au premier.

» J'ai supposé, comme mes études sur les eaux de Paris [1] me permettaient de le faire, que la soude et la potasse se trouvaient à l'état de chlorures, l'excédent de l'acide chlorhydrique neutralisant une faible partie de la magnésie *soluble;* le reste de la magnésie *soluble* est à l'état de sulfate, la magnésie insoluble à l'état de bicarbonate. La chaux sera de même à l'état de sulfate et de bicarbonate, et la proportion de sulfate est donnée par la quantité d'acide sulfurique existant en trop pour la neutralisation de la seconde partie de la magnésie soluble. L'oxyde ferreux se trouve à l'état de bicarbonate, car il n'existe pas de matières organiques, acide crénique ou autres, dans ce résidu de l'évaporation de l'eau.

» Ces résultats ont été contrôlés, d'abord par les trois séries d'analyses que j'ai indiquées plus haut, puis par le dosage en poids de l'acide carbonique : 1° total; 2° combiné à l'état de bicarbonates; 3° combiné à l'état de carbonates neutres, après une ébullition prolongée de l'eau.

» J'arrive ainsi à trouver, pour la composition véritable de l'eau de Brucourt :

| | |
|---|---|
| Acide carbon. libre (à 0° et sous $760^{mm}$) . . | $0^{lit},185$ |
| | gr |
| Chlorure de sodium . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,2113 |
| » de potassium . . . . . . . . . . . . . . . | 0,0238 |
| » de magnésium . . . . . . . . . . . . . . | 0,0477 |
| Sulfate de magnésie . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,5280 |
| » de chaux . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,7881 |
| Bicarbonate de chaux . . . . . . . . . . . . . . . | 0,4880 |
| » de magnésie . . . . . . . . . . . . | 0,3815 |
| » de fer . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,0526 |
| Alumine et silice . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,0710 |
| | 2,5920 |

» D'après ces nombres, l'eau de Brucourt contient une grande quantité de sels de magnésie, près de $1^{gr}$ par litre, et, bien que sous ce rapport elle n'approche pas encore des eaux fortement purgatives, telles que celles de Püllna, on doit, ce me semble, la ranger dans la classe des eaux sulfatées magnésiennes : c'est une eau très légèrement laxative et dont les effets ont été constatés dès sa découverte.

» Mais un élément non moins important que les sels magnésiens, bien

---

(1) *Comptes rendus*, t. XCIV, 1882, p. 41.

qu'il se trouve en beaucoup plus minime proportion, le bicarbonate de fer, doit changer considérablement l'action que l'eau de Brucourt semble au premier abord exercer sur l'économie. Les sels ferreux sont tous des reconstituants dont le rôle salutaire n'est plus discuté aujourd'hui. Or, si l'on admet, comme on le fait généralement, qu'une eau est ferrugineuse, et par suite tonique, dès qu'elle contient pour $1^{lit}$ plus de $0^{gr},04$ de sels ferreux solubles, nous devrons ranger l'eau de Brucourt dans cette précieuse catégorie.

» L'association des sels ferreux, toniques, mais échauffants, et des sels magnésiens plus ou moins laxatifs, est des plus rares dans une eau minérale, et l'eau de Brucourt est, du moins à notre connaissance, la seule source de France qui présente cet heureux rapprochement.

» Cette double circonstance pourrait suffire pour faire classer la fontaine de Brucourt parmi les sources minérales les plus intéressantes; mais elle ne me paraît pas expliquer les propriétés *fondantes* et *résolutives* auxquels Lepecq de la Clôture attribue son action dans le traitement des maladies de la peau.

» Si ces propriétés existent réellement, ne seraient-elles pas dues à la présence d'une autre substance, de l'iode, par exemple? J'avais déjà cherché l'iode dans le résidu de l'évaporation de $1^{lit}$ d'eau, mais je n'avais pas réussi à en déceler l'existence. J'ai recommencé la recherche en évaporant, presque à siccité, $3^{lit}$ de cette même eau additionnée de carbonate de soude pur, jusqu'à réaction faiblement alcaline. Le résidu a été repris par l'eau, et la solution a été évaporée. J'ai obtenu ainsi un second résidu, qui, traité à plusieurs reprises par l'alcool concentré, lui a abandonné une quantité très sensible d'iodure alcalin caractérisé par la mise en liberté de l'iode en présence du sulfure de carbone.

» Je suis porté à croire que l'iode existe dans cette eau à l'état d'iodure de magnésium, ce qui expliquerait pourquoi je n'avais pu constater sa présence en évaporant, sans précaution spéciale, $1^{lit}$ d'eau minérale, l'iodure de magnésium se décomposant, comme on sait, par l'ébullition, en magnésie fixe et acide iodhydrique volatil.

» En résumé, sels ferreux, sels magnésiens et iodures, tels sont les composés qui donnent à l'eau de Brucourt ses principales propriétés. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'emploi agricole des superphosphates. Observations à propos d'une Note récente de M.* Lechartier. Note de M. **P.-P. Dehérain**, présentée par M. Peligot.

« Dans les études que je poursuis depuis vingt ans à l'École de Grignon, je me suis efforcé de lier la composition de la terre arable déterminée au laboratoire à l'influence qu'exercent sur elle les engrais variés que j'y ai essayés; quelques-uns des résultats que j'ai obtenus me paraissaient appuyer les conclusions qui découlent de la Note très intéressante présentée récemment par M. Lechartier [1], et je demande aujourd'hui à l'Académie la permission de résumer ici les études que j'ai faites sur l'emploi des superphosphates.

» Ils n'exercent sur le sol de Grignon aucun effet utile, ainsi qu'il ressort des chiffres suivants, moyenne de quatre années d'expériences (1875-1878) [2].

| Engrais employés. | Maïs fourrage. — Récolte verte à l'hectare. | Pommes de terre. — Tubercules sains à l'hectare. |
|---|---|---|
| | kgr | hlit |
| Azotate de soude seul | 65355 | 276 |
| Azotate de soude et superphosphate | 65316 | 311 |
| Sulfate d'ammoniaque seul | 60035 | 290,5 |
| Sulfate d'ammoniaque et superphosphate | 60216 | 278 |
| Sans engrais | 58300 | 278 |
| Superphosphate seul | 58100 | 276 |

» La quantité d'acide phosphorique contenue dans le sol n'est cependant pas excessive; elle varie de $1^{gr},08$ par kilogramme pour les parcelles les plus pauvres à $1^{gr},92$ pour les plus riches et l'on ne peut attribuer le peu d'efficacité des engrais phosphatés à l'abondance de l'acide phosphorique; car MM. Corenwinder et Contamine ont reconnu qu'un sol présentant une richesse en acide phosphorique semblable à celle de Grignon bénéficiait encore de l'emploi des superphosphates [3].

» Il ne suffit pas, en effet, pour prévoir l'action de ces engrais, de déterminer la quantité d'acide phosphorique totale contenue dans le sol : il faut

(1) Page 1058 de ce Volume.

(2) *Annales agronomiques*, t. V, p. 160 (*Études sur le sol du champ d'expériences*; par MM. Dehérain et Meyer).

(3) *Annales agronomiques*, t. III, p. 441; 1877.

encore s'efforcer de distinguer à quelles bases il est uni; s'il forme des phosphates de protoxyde, il pourra être assimilé par les plantes, puisque ces phosphates sont légèrement solubles dans l'acide carbonique, tandis que, s'il est engagé en combinaison avec des sesquioxydes, l'acide carbonique du sol sera sans action. On peut, sans grand inconvénient, substituer dans la recherche de l'acide phosphorique assimilable, à l'acide carbonique, de l'acide acétique; c'est ce que j'ai fait, et c'est aussi cet acide qu'a employé récemment M. Le Chartier.

» En faisant agir l'acide acétique sur les terres de Grignon, on trouva des chiffres variant de $0^{gr},208$ à $0^{gr},520$ d'acide phosphorique dissous par kilogramme de terre.

» Ainsi une fraction importante de l'acide phosphorique du champ d'expériences s'y trouve à un état tel que les plantes peuvent l'utiliser, et l'on conçoit dès lors le peu d'efficacité qu'y présentent les superphosphates.

» On se demanda, en outre, si, en poursuivant ces études, on ne pourrait pas en tirer des indications susceptibles de guider les cultivateurs dans l'emploi des superphosphates.

» Un certain nombre d'échantillons de terre de provenances très variées fut examiné ([1]), et tous les essais montrèrent qu'une fraction de l'acide phosphorique était soluble dans l'acide acétique ou dans le citrate d'ammoniaque. Il n'en est certainement pas toujours ainsi, puisque M. Thenard ([2]) a reconnu, il y a longtemps déjà, qu'une terre amendée avec du noir animal ne renfermait plus l'année suivante que des phosphates de sesquioxyde, puisque j'ai eu moi-même occasion d'observer le même fait pour une terre de Sologne ([3]); mais très habituellement les sols renferment une fraction importante de leur acide phosphorique à l'état assimilable; d'où il faut conclure que, bien que les phosphates soient nécessaires au développement des plantes, l'emploi des engrais phosphatés n'est pas toujours avantageux, car le sol lui-même peut subvenir, sans aucune addition, aux besoins des végétaux, quand il renferme une quantité d'acide phosphorique qu'il reste à déterminer.

» Il résulte d'études exécutées par M. Roussille il y a quelques années, à l'école de Grandjouan, en Bretagne, que les terres des landes renfermant,

---

([1]) *Annales agronomiques*, t. V, p. 161; 1879.
([2]) *Comptes rendus*, t. XLVI, p. 212; 1858.
([3]) *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 988; 1858.

par kilogramme, $0^{gr},05$ d'acide phosphorique ne donnent aucune récolte sans addition de phosphates, mais qu'une terre dont la teneur en acide phosphorique était montée par des apports successifs de fumier et de noir animal à $0^{gr},380$ par kilogramme pouvait nourrir ses plantes sans une nouvelle addition d'engrais phosphatés; il est probable que ce chiffre représente la limite inférieure et qu'on pourrait à coup sûr conseiller l'emploi de phosphates dans des terres ne renfermant qu'un demi-gramme d'acide phosphorique par kilogramme.

» Il resterait à chercher la limite supérieure au-dessus de laquelle l'emploi de cet acide phosphorique devient inutile.

» Cette limite est plus difficile à formuler, car il faut faire entrer dans le calcul le cube de terres dans lequel les racines peuvent puiser.

» En effet, un de mes anciens élèves, M. Nantier, actuellement directeur de la Station agronomique de la Somme, a cultivé un sol renfermant $2^{gr},52$ d'acide phosphorique par kilogramme ([1]), et cependant les superphosphates y exercent une action marquée faisant passer la récolte des pommes de terre de $3000^{kg}$ à l'hectare à 4000, celle des betteraves de $28200^{kg}$ à 45600.

» M. Nantier explique le désaccord constaté entre la quantité d'acide phosphorique dosée et l'action des superphosphates, par le peu d'épaisseur de la terre examinée; elle ne présente guère que $0^{m},15$; il calcule que la quantité d'acide phosphorique que renferme le sol qu'il a cultivé est seulement de $2800^{kg}$ par hectare environ, tandis qu'à Grignon le champ d'expériences présente une profondeur d'au moins $0^{m},35$, de telle sorte que la quantité d'acide phosphorique y dépasse partout $4000^{kg}$ et atteint même $7000^{kg}$ dans les parcelles les plus riches, chiffres qui concordent avec ceux qui ont été déterminés par MM. Schlœsing et de Gasparin dans les nombreuses analyses qu'ils ont exécutées sur des terres très variées.

» Je serais porté à penser que lorsqu'une terre renferme plus de $4000^{kg}$ d'acide phosphorique à l'hectare, qu'une partie de cet acide est soluble dans l'acide acétique, et qu'enfin cette terre reçoit régulièrement du fumier de ferme, l'emploi des engrais phosphatés n'a pas grande chance de réussite.

» Toutefois, pour qu'une telle règle puisse être formulée avec précision, il faut qu'elle s'appuie sur un très grand nombre d'exemples, et, à ce point de vue, les recherches auxquelles se livre M. Lechartier présentent le plus grand intérêt; il est clair que si l'on réussit à lier la composition immé-

([1]) *Annales agronomiques*, t. IX, p. 192; 1883.

diate des sols à l'action qu'exercent les engrais, on en tirera des indications précieuses pour la pratique agricole; car c'est de l'étude des sols qu'il faut tirer la nature des engrais à employer. Il y a longtemps que M. Chevreul a insisté sur leur rôle essentiellement complémentaire, et c'est en m'inspirant de ses idées que j'ai proposé de définir l'engrais : la matière utile à la plante qui manque au sol. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Action nitrifiante comparée de quelques sels contenus naturellement ou ajoutés dans les terres végétales.* Note de M. **Pichard**, présentée par M. Peligot.

« *Résumé.* — Dans des sols stériles formés de sable siliceux presque pur, l'azote des matières organiques ne se transforme en nitrates que si l'on incorpore un peu de terre nitrifiante, ainsi que l'ont annoncé MM. Schlœsing et Müntz.

» A la dose de 5 millièmes, les sulfates de potasse, de soude et de chaux ont une action nitrifiante énergique sur l'azote organique, le sulfate de chaux surtout. A cause de l'insolubilité relative de ce dernier sel, on peut admettre que la dose compatible avec une bonne nitrification est susceptible de varier dans des limites étendues, l'effet maximum étant subordonné à une répartition uniforme dans la masse.

» Toutes choses égales d'ailleurs, la nitrification est plus considérable dans un sol à éléments fins (particules ayant moins de $0^{m},001$ de diamètre) que dans un sol à éléments grossiers (particules ayant de $1^{mm}$ à $3^{mm}$ de diamètre), à cause sans doute de l'aération et de l'imbibition plus régulières dans le premier que dans le second.

Le pouvoir nitrifiant, dans tous les sols, à poids égal de sel nitrifiant, rapporté à celui du sulfate de chaux représenté par 100, est, pour les sols expérimentés :

| | |
|---|---|
| Sulfate de chaux | 100 |
| Sulfate de soude | 47,91 |
| Sulfate de potasse | 35,78 |
| Carbonate de chaux | 13,32 |
| Carbonate de magnésie | 12,52 |

» Ces rapports peuvent varier en ce qui concerne les sulfates de potasse et de soude employés en solutions non saturées, mais paraissent devoir être tenus comme constants pour le sulfate de chaux et les carbonates de chaux et de magnésie.

» Sous le climat du midi de la France, la nitrification de l'azote organique du sol dans les terrains calcaires ou pourvus de gypse (1 pour 100) est très active pendant les mois de septembre et octobre, et peut acquérir, de l'enlèvement de la récolte aux semailles de printemps, un développement notable, très favorable à la végétation ultérieure.

» Dans nos expériences, pendant ce laps de temps, l'azote nitrifié s'est élevé à 26,15 pour 100 de l'azote total pour le sol additionné de carbonate de chaux, et à 46,29 pour 100 pour le sol plâtré.

» Le pouvoir nitrifiant du sulfate de potasse explique l'heureux effet de son emploi sur le développement et la combustibilité des tabacs, par la production de nitrate de potasse dans le sol.

» Le pouvoir nitrifiant considérable du sulfate de chaux rend compte de son action utile sur la luzerne, qu'on l'emploie à l'état de plâtre cuit ou de superphosphate toujours riche en sulfate de chaux.

» Le pouvoir nitrifiant des calcaires justifie l'usage ancien du chaulage et du marnage dans la pratique agricole.

» Dans les terrains pauvres en calcaire, on ne saurait trop recommander l'emploi du plâtre, comme agent de fertilisation, à la dose de $\frac{1}{2}$ à 1 pour 100. Son effet sera surtout très marqué dans les sols argileux, peu perméables, ne laissant pas filtrer les nitrates.

» Si, aux terrains naturellement gypseux, le plâtre ne paraît pas donner une fertilité marquée, c'est que, dans ces terrains, il est presque toujours accompagné de chlorures alcalins et terreux, surtout le chlorure de sodium, notoirement nuisibles à la végétation. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles séries d'expériences sur la perception différentielle des couleurs.* Note de M. **Aug. Charpentier.**

« J'ai étudié dans des recherches précédentes l'influence de la couleur sur la perception des différences de clarté; prenant pour unité d'intensité lumineuse le minimum perceptible, j'ai pu avoir un terme de comparaison défini entre les couleurs employées, et je suis arrivé à la loi très nette suivante : *La perception des différences de clarté est d'autant plus facile que la réfrangibilité des couleurs est moins forte* (Note du 17 décembre 1883).

» Comme j'ai démontré l'existence, dans l'appareil visuel, de plusieurs fonctions distinctes, il y avait lieu de reprendre les expériences précédentes sous un nouveau point de vue et de prendre comme terme de comparaison

des couleurs, non plus la sensibilité lumineuse, mais la sensibilité chromatique ou la sensibilité visuelle.

» Toute couleur est perçue de deux façons distinctes, suivant son intensité : comme lumière brute, incolore, quand son intensité est au minimum ; comme couleur nettement définie, pour une intensité plus élevée et constante pour une même couleur.

» Or, prenons maintenant, comme unité d'intensité des couleurs en expérience, l'intensité nécessaire et suffisante pour permettre une reconnaissance nette de chacune d'elles (ce sera, si l'on veut, l'*intensité chromatique*) et répétons, suivant la même méthode, les recherches exposées dans ma dernière Note; nous arrivons au résultat remarquable que voici : *Pour une même intensité chromatique, la perception des différences de clarté est la même pour toutes les couleurs saturées* (¹).

» Nous pouvons encore prendre un troisième terme de comparaison entre nos couleurs en nous adressant à la *sensibilité visuelle*, c'est-à-dire à la faculté de distinguer les foyers lumineux multiples. Nous prendrons dans ce cas pour unité d'intensité de chaque couleur l'intensité nécessaire et suffisante pour distinguer nettement les uns des autres, dans l'obscurité, plusieurs points colorés égaux et voisins (²). Cela revient à comparer nos couleurs sous une égale acuité visuelle.

» Les expériences précédentes, étant répétées dans ces nouvelles conditions, donnent le résultat général suivant :

» *Pour une égale intensité visuelle, la perception des différences de clarté est la même dans toutes les couleurs.*

» On voit que les deux lois précédentes se distinguent absolument de celle que nous avait donnée la comparaison des couleurs sous une même clarté.

» On voit, de plus, avec quel soin il faut choisir la fonction visuelle à laquelle on doit s'adresser lorsqu'on veut comparer l'intensité de plusieurs lumières. Lorsque, il y a cinq ans (10 février 1879), j'indiquais ici même une première méthode de photométrie hétérochrome par la mesure du minimum perceptible, il s'agissait évidemment de comparer les couleurs d'après leur intensité lumineuse. Or il est clair, d'après ce qui précède, qu'on aurait des résultats tout à fait différents en s'adressant aux deux

---

(¹) L'expérience a porté sur le rouge, le jaune, le vert et le bleu.

(²) Voir *Comptes rendus*, 27 décembre 1880. — *Archives d'Ophthalmologie*, 1882, p. 246.

autres modes de comparaison possibles, parce qu'en déterminant, soit l'intensité chromatique d'une couleur, soit l'acuité visuelle dans cette couleur (intensité visuelle), on se place sur des bases physiologiques différentes de celles qui servent à l'appréciation de sa clarté.

» Dans l'appréciation de la clarté, la base physiologique varie avec la couleur, et cela dans de très larges limites; dans l'appréciation de l'intensité chromatique ou de l'intensité visuelle, la base physiologique est indépendante de la couleur. La conclusion est évidente : ces derniers modes de comparaison sont préférables au premier pour la photométrie [1]. »

HISTOLOGIE. — *Le cerveau de l'*Eunice Harassii *et ses rapports avec l'hypoderme* [2]. Note de M. **Ét. Jourdan**, présentée par M. Alph. Milne-Edwards.

« MM. de Quatrefages et Claparède ont signalé les premiers les rapports qui unissent la couche cellulaire hypodermique et les centres nerveux chez quelques Annélides. Plus récemment, M. Ehlers, à propos du cerveau de l'espèce qui fait l'objet de cette Note, et Spengel, dans son Mémoire sur un Eunicien, l'*Oligognathus Bonelliæ*, ont indiqué la difficulté de séparer, dans le lobe céphalique de ces vers, le cerveau de l'hypoderme. Ces idées, si contraires aux données et aux figures classiques sur le cerveau de la plupart des Annélides, nous ont semblé mériter une confirmation. Nous avons, dans ce but, débité en coupes le lobe céphalique tout entier, cerveau et téguments compris, de l'espèce qui nous occupe. Les observations que nous avons pu faire à l'aide de cette méthode nous ont permis non seulement de constater l'exactitude de l'opinion de Ehlers et de Spengel, mais elles nous ont révélé, de plus, quelques faits nouveaux.

» Le cerveau de l'*Eunice Harassii*, sur la forme extérieure duquel nous ne nous arrêterons pas, puisque cet appareil est fort mal délimité, se compose essentiellement d'une masse centrale de substance ponctuée, surmontée par une couche épaisse de cellules nerveuses, désignée par Ehlers sous le nom de *couche nucléaire*.

» Au-dessus de cette zone nucléaire et immédiatement au-dessous de la cuticule, on aperçoit des éléments épithéliaux en forme de cônes, à sommets dirigés vers la face profonde des téguments. Les pieds de ces cellules

---

[1] Travail du Laboratoire de Physique médicale de Nancy.

[2] Laboratoire de Zoologie marine de Marseille.

hypodermiques, au lieu de se terminer sur une basale, comme c'est le cas pour les téguments du reste du corps, se transforment et se prolongent ici en autant de fils rigides qui pénètrent dans la couche nucléaire, en se groupant en plus ou moins grand nombre, de manière à constituer des sortes de piliers allant de la cuticule à la masse de substance ponctuée. Le protoplasma de ces cellules hypodermiques est très réduit; leurs noyaux ont un aspect fusiforme caractéristique. Les prolongements basilaires se présentent comme des fils rigides, à aspect vitreux, à cassure nette. Réunies en faisceaux, ces fibres hypodermiques se colorent mal par le carmin et par l'hématoxyline; mais elles prennent, sous l'influence de l'éosine hématoxylique, la coloration gris perle caractéristique des cuticules et des basales de l'hypoderme des Annélides. Il est impossible de suivre un de ces filaments depuis la cellule hypodermique à laquelle il appartient jusqu'à la solution ponctuée; ils se perdent dans la couche nucléaire et s'y confondent intimement avec d'autres fibrilles présentant des caractères histologiques semblables, mais ayant une autre origine.

» La couche nucléaire est considérée avec raison par Ehlers et par Spengel comme étant de nature nerveuse, mais elle est constituée par des éléments d'aspect varié. Sur une coupe, cette couche se présente comme un réseau délicat remplissant l'espace entre les piliers dont nous venons de parler, et dont les mailles sont occupées chacune par un noyau sphérique. Il est fort difficile sur les coupes de savoir si ce réseau est constitué par des sections de membranes cellulaires soudées à l'aide d'un ciment ou par des fibres très délicates. Les dissociations permettent de répondre facilement à cette question; elles montrent que la couche nucléaire est constituée par des cellules nerveuses possédant un noyau volumineux, un protoplasma si réduit, qu'elles semblent en être dépourvues et une fine membrane d'enveloppe. On remarque de plus que de chacune de ces cellules partent le plus souvent un seul, quelquefois deux prolongements. Ces filaments sont très délicats, et comparables, lorsqu'on les examine avec un objectif donnant un grossissement de 4 à 500 diamètres, à l'aspect que nous offre un fil de toile d'araignée vu à l'œil nu. En se groupant et en se soudant plusieurs ensemble, ces fils constituent les travées des mailles du réseau que l'on aperçoit sur les coupes. Parmi ces cellules réduites à leur noyau et formant la presque totalité de la couche nucléaire, on en aperçoit un certain nombre qui se distinguent par leurs fortes dimensions; elles possèdent un noyau et un protoplasma finement granuleux, se colorant en jaune par le picrocarmin; de leur pédoncule part un prolongement qui se

mêle à ceux des petites cellules nerveuses et qui pénètre également dans la substance ponctuée.

» En examinant les limites de la couche nucléaire et de la substance ponctuée, on distingue facilement un grand nombre de fibrilles qui émanent des cellules nerveuses et se mettent en relation avec la substance ponctuée. Il est impossible de dire ce que deviennent à ce niveau les fibrilles des cellules hypodermiques, et de savoir si elles pénètrent dans la substance ponctuée ou si elles se perdent à sa surface. Ces fibres, d'origine et sans doute aussi de fonction si différentes, présentent, en effet, des caractères histologiques tellement semblables chez l'*Eunice Harassii*, qu'il est impossible de les distinguer. La substance ponctuée elle-même est constituée essentiellement par un amas de fibrilles entrecroisées en réseau plus ou moins serré suivant les régions. Les espaces laissés vides par les mailles de ce réticulum fibrillaire sont comblés par un protoplasma finement grenu, se colorant en rose lilas par l'éosine hématoxylique et comparable peut-être à la substance granuleuse de la névroglie des Vertébrés.

» Les faits principaux qui résultent des observations précédentes et qui nous semblent avoir quelque intérêt en anatomie générale sont : d'abord le mélange intime des cellules épithéliales hypodermiques, et de leurs prolongements basilaires avec les cellules et les fibres nerveuses; d'ou résulte la difficulté de délimiter le cerveau d'une manière nette et certaine; et ensuite l'absence de tout caractère histologique net permettant de distinguer les fibrilles basilaires des cellules hypodermiques des fibres nerveuses.

» Il nous a paru intéressant, et nous avons cru digne d'intérêt de signaler ces particularités anatomiques, qui rappellent l'état du système nerveux des larves des Annélides ([1]). »

ZOOLOGIE. — *Sur le genre* Rhopalea (*Ascidies simples*). Note de M. L. **Roule** ([2]), présentée par M. Alph. Milne-Edwards.

« Philippi a décrit le premier (*Muller's Archiv*, 1843), sous le nom de *Rhopalea neopolitana*, une Ascidie qu'il avait recueillie dans le golfe de Naples, et dont il a laissé une description anatomique assez brève, suffisamment exacte pour la plupart des principaux détails d'organisation qu'il

---

([1]) Kleinenberg, *Origine du système nerveux central des Annélides* (*Archives italiennes de Biologie*), t. I, fasc. 1, p. 67.

([2]) Laboratoire de Zoologie marine de Marseille.

a signalés; il rapproche, dans son Mémoire, ce nouveau genre *Rhopalea* des Clavelines. Depuis Philippi, aucun autre naturaliste n'a étudié, à ma connaissance, cette curieuse forme d'Ascidie; Traustedt ne la signale pas dans son travail sur les Ascidies simples du golfe de Naples (*Mittheilungen aus der Zoological Station zu Neapel,* 1883), et Herdman (Tuniciers recueillis par le *Challenger*), se rapportant à la description donnée par Philippi, la place à côté des *Ecteinascidia* dans la famille des Clavelinidées.

» Les *Rhopalea* sont très abondantes sur les côtes de Marseille dans les fonds du pourtour des Zostères, dans les sables vaseux charriés par les courants par $25^{m}$ à $60^{m}$ de profondeur; aussi ai-je été à même d'en observer des individus nombreux et d'en faire une étude suivie. Le corps, d'une longueur moyenne de $8^{cm}$ à $10^{cm}$, d'un blanc presque pur, est divisé en deux parties, l'une antérieure, de forme triangulaire, libre, qui renferme la branchie et porte les deux siphons (siphon buccal à 8-9 languettes et cloacal à 6), l'autre postérieure, de forme irrégulière, adhérente au sol et encroûtée par des débris de diverses sortes, qui contient la masse des viscères; ces deux parties sont jointes l'une à l'autre par une région mince, assez longue, à travers laquelle on distingue par transparence le rectum plein de substances destinées à être rejetées; l'aspect général ressemble assez à celui d'une Claveline un peu trapue et de très grande taille.

» La tunique, épaisse, est de consistance molle autour de la partie antérieure du corps, ferme et résistante autour de la partie postérieure; dans cette dernière région, la substance fondamentale de la tunique renferme de nombreuses cellules vacuolaires, tandis qu'elle n'en contient pas dans la région antérieure. Le derme (manteau), mince, porte de petits faisceaux musculaires, dont la plupart sont dirigés dans le sens de la longueur du corps; autour des siphons, il en existe en outre un certain nombre d'annulaires; Philippi a considéré à tort comme un péritoine la portion du derme qui entoure la masse viscérale postérieure. La trame fondamentale de la branchie, dont les trémas sont ovalaires et à forme régulière, est plissée longitudinalement; les plis, très petits, invisibles à l'œil nu, ressemblent en cela à ceux de la branchie des Phallusies. Les sinus branchiaux transverses sont réunis aux sinus longitudinaux par une branche anastomotique qui ne proémine pas dans l'intérieur de la cavité branchiale, au delà des sinus longitudinaux, pour produire des papilles semblables à celles que possèdent la plupart des Ascidies simples. Le raphé dorsal est constitué par une série de languettes; il se termine en avant non loin de l'organe vibratile et la gouttière péricoronale envoie vers lui, en cette région, un petit

prolongement analogue à celui que cette gouttière porte chez les *Ciona*. La cavité péribranchiale ne communique pas avec les vides laissés entre les viscères dans la région postérieure du corps, vides que l'on peut considérer comme formant par leur réunion une cavité générale réduite; elle est arrêtée immédiatement en arrière de la branchie par une lame péritonéale semblable à celle des *Ciona*.

» Les autres organes sont constitués à peu près de la même manière que chez les *Ciona*. Les seules différences principales se rapportent à la disposition des organes sexuels, rassemblés en une seule masse qui entoure la cavité intestinale, et à la plus grande longueur de l'œsophage et du rectum. A part ces distinctions de peu d'importance, le tube digestif, le système nerveux, la glande hypogangliоnnaire et son conduit excréteur, le cœur et les principaux sinus, etc., présentent la même structure fondamentale que chez les *Ciona*.

» Les relations des *Rhopalea* avec les autres formes d'Ascidies sont multiples. Par leur faciès général, elles se rapprochent, il est vrai, des Clavelinides; mais on ne peut les placer dans cette famille, car elles ne se reproduisent pas par bourgeonnement et possèdent une organisation plus complexe. On doit les classer parmi les Phallusiadées et les considérer comme établissant entre les Ascidies simples et les Ascidies agrégées une liaison étroite; par leurs viscères situés en arrière de la branchie et un certain nombre de caractères moins importants, elles sont plus voisines des *Ciona* que des Phallusies vraies; mais elles se rapprochent pourtant de ces dernières par la présence de plis longitudinaux dans la paroi branchiale. Les affinités des *Rhopalea* sont donc nombreuses et elles forment comme un trait d'union entre plusieurs groupes divers : elles montrent, dans l'agencement général de leurs organes, une certaine ressemblance avec les Clavelines, tout en étant des Ascidies simples très voisines des *Ciona* et offrant aussi quelques relations avec les Phallusies. »

ZOOLOGIE. — *Sur la présence du Naja d'Egypte en Tunisie.* Note de M. VALERY MAYET, présentée par M. E. Cosson.

« La présence du Naja d'Égypte (*Naja Haje* Dumer.) n'avait pas été encore constatée scientifiquement en Tunisie.

» J'ai eu l'occasion d'en prendre un bel individu, à quarante kilomètres de la côte, aux puits d'El-Aïa, non loin de l'Oued Leben, dans un endroit

relativement humide et garni de buissons de *Tamaria Africana*. Ce reptile a $1^{m}, 55$ de long.

» Il est probable qu'il se rencontre dans toute la région désertique de la Tunisie. Le colonel Laroque, qui commande le cercle de Gabès, me l'a signalé aux environs de cette oasis et dans la région des grands Chott. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence prétendue de la lumière sur la structure anatomique des feuilles de l'Ail des ours* (Allium ursinum, L.). Note de M. **Ch. Musset**, présentée par M. Duchartre

« Quelques botanistes admettent comme un fait démontré que, lorsqu'une feuille bifaciale, c'est-à-dire à parenchyme hétérogène, se tord ou se recourbe de manière à présenter sa face dorsale à la lumière, la disposition ordinaire des deux couches inférieure et supérieure est renversée : c'est le parenchyme inférieur devenu supérieur qui est dense et palissadique, et c'est le parenchyme supérieur, actuellement inférieur, qui est lacuneux et mou.

» L'Ail des ours est cité parmi les plantes qui présenteraient une telle inversion des tissus : aussi est-ce sur cette plante, très abondante dans les environs de Grenoble, que j'ai concentré mes observations.

» Sur une bulbe adulte, c'est-à-dire florifère, l'illusion est, il est vrai, complète dans la grande majorité des cas, mais pour une seule des deux feuilles. C'est pourquoi il est nécessaire de faire des observations comparatives sur les individus venus de graine, d'un caïeu d'un ou de deux ans, surtout sur ceux qui proviennent d'une bulbe plus âgée, adulte, en en suivant toutes les phases végétatives.

» Quelle que soit son origine, tout pied monophylle produit sa feuille normalement orientée, avec une gaine fermée, pétiole cylindrique et limbe plane, dont le côté qui fait face aux rayons lumineux incidents a tous les caractères spécifiques d'une page supérieure ou ventrale. Mais, si l'on observe un pied diphylle, il est très rare que la première, c'est-à-dire la plus âgée des deux feuilles, n'ait pas son pétiole tordu avec un angle variable, torsion dont le maximum, très souvent atteint, est de 180°. Dans ce cas très général, cette première feuille montre sa page inférieure, lorsqu'on détord le pétiole, correspondant au côté supérieur ou interne de la gaine, ce qui ferait croire à un pétiole normalement orienté, surmonté d'un limbe renversé.

» La question à résoudre est donc de savoir si réellement la page ac-

tuellement supérieure n'est devenue telle, anatomiquement parlant, que par suite de la torsion du pétiole, ou si elle est restée telle qu'elle s'est formée en naissant et n'a pas imprimé un mouvement de torsion à son pétiole, afin de rester toujours exposée aux rayons lumineux incidents. Une observation attentive résout la question. En effet, cette première feuille commence toujours par avoir sa gaine fermée, son pétiole cylindrique et son limbe bifacial vertical : elle ne diffère alors en rien de la feuille unique d'un pied venu de graine ou d'un caïeu d'un an; la page à tissu palissadique et à épiderme sans stomates, à l'exception curieuse de la partie qui recouvre immédiatement la côte médiane, fait face à la radiation lumineuse. Le pétiole et la gaine, celle-ci dans sa partie supérieure, ont donc une moitié éclairée et une moitié ombragée; or la deuxième feuille et l'axe floral, enveloppés dans la gaine, la fendent en sortant sur le point le moins résistant, à savoir sur le côté ombragé. Cette fente s'élargit de plus en plus, d'autant que la croissance des feuilles est basipète. Le canal ainsi formé par la gaine et l'aplatissement relatif du pétiole se font donc du côté ombragé du limbe dont la côte médiane est saillante et l'épiderme criblé de stomates. Il arrive alors que la deuxième feuille et l'axe floral, par suite de leur développement, rejettent sur le côté cette première feuille, qui s'incurve et présente sa face éclairée de moins en moins à la lumière et finirait par se trouver dans le cas des feuilles d'une branche renversée; mais, au fur et à mesure que l'incurvation tend à se produire, le pétiole se tord sous l'action des deux pages du limbe, afin de conserver leurs relations nécessaires avec la lumière. Il n'y a donc pas inversion de structure anatomique due à l'influence de la lumière; la page primitivement éclairée reste telle qu'elle est née et, par conséquent, le phénomène rentre dans les cas si nombreux de retournement des feuilles que Bonnet a depuis longtemps fait connaître et dont Mirbel a reconnu toute l'exactitude, même pour le prothalle du *Marchantia polymorpha*. »

GÉOGRAPHIE. — *Carte des hauteurs de la Russie d'Europe*. Note de M. le général DE TILLO, présentée par M. Daubrée.

« Depuis dix ans, j'ai tâché de réunir tous les matériaux hypsométriques existant en Russie. Ce sont d'abord plus de 15000 points trigonométriques; puis les données fournies par les nivellements des chemins de fer exploités ($23000^{km}$), et projetés ($25000^{km}$); ceux qui résultent des mesures prises sur de grands fleuves ($8000^{km}$); enfin les déterminations baromé-

triques dans les contrées du nord et du nord-est de la Russie d'Europe. Toutes ces données ont été portées sur la Carte spéciale en 150 feuilles de l'État-Major (échelle $\frac{1}{42000}$) et dans un Catalogue de hauteurs.

» Pour donner une idée générale de l'état de l'avancement des travaux hypsométriques en Russie, j'ai publié, sous les auspices de l'amiral Possiett, une Carte à l'échelle de $\frac{1}{2520000}$, en 6 feuilles, dont je fais hommage à l'Académie.

» Cette Carte contient, en sagènes ($2^m$,13), les hauteurs les plus caractéristiques, au nombre de 18000, qui sont distinguées par des signes, selon la méthode des opérations qui les ont fournies : un triangle désigne les hauteurs trigonométriques; un point noir, les hauteurs de nivellement géométrique; un signe rose marque les hauteurs barométriques, un trait la hauteur des eaux des rivières et des lacs. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la singulière couronne qui entoure le Soleil.* Note de M. **A. Ricco**, présentée par M. Faye.

« La couronne solaire qui a été le sujet de Communications à l'Académie, de la part de MM. Thollon et Moussette, a été observée aussi à Palerme.

» Pendant la période des crépuscules extraordinaires rosés, et plus souvent dans ces derniers mois, le ciel autour du Soleil apparaissait troublé par un léger brouillard inégal.

» Dans ce brouillard, souvent on a vu se dessiner un anneau ou grande couronne d'une couleur rougeâtre, qui, à l'extérieur, se fond avec une délicate nuance violacée avec l'azur du ciel; l'espace intérieur, assez bien défini, a une couleur blanc bleuâtre éclatante.

» Cette couronne se voit plus aisément quand le Soleil est caché derrière des bâtiments; je l'ai très bien vue en me plaçant dans l'ombre du panache de fumée du Vésuve (Naples, 21 janvier, $7^h 50^m$) : sur la fumée on ne voyait aucune trace de couronne. Cette couronne est encore plus évidente lorsqu'un nuage obscur couvre le Soleil ; dans ce cas on observe que sa couleur est rouge de cuivre, passant au violet à l'extérieur, et si le Soleil n'est pas très haut, on voit le sommet de l'anneau s'étendre vers le zénith avec une faible nuance rose; en bas l'anneau s'élargit en atteignant l'horizon.

Lorsque le Soleil est près de l'horizon, l'anneau à l'intérieur prend une forme ovale où le Soleil est placé excentriquement en bas. Lorsque le Soleil est sous l'horizon, la couronne a la forme d'un arc ou pont gothique

immense; le brouillard qui le forme est finement et irrégulièrement cannelé, comme s'il était formé de cirrho-strati très petits et très nombreux; l'espace interne aussi est cannelé. Les cannelures sont toujours ou horizontales ou inclinées vers le bas à gauche, c'est-à-dire au sud pour le coucher. Les pieds de ce pont s'élargissent en se raccordant avec les brouillards de l'horizon.

» Le 8 avril, de $7^h 30^m$ à $8^h 0^m$ du soir, j'ai vu cet anneau même autour de la Lune couverte par un nuage noir; je crois même y avoir aperçu la couleur rougeâtre.

» La couronne autour du Soleil a été singulièrement évidente le 31 mars, de $3^h$ à $4^h$, et, le 7 avril, de $5^h 0^m$ à $5^h 45^m$ du soir, de manière que j'ai pu faire au sextant les mesures suivantes :

| | |
|---|---|
| Rayon interne.......................... | $10^\circ.48' \pm 9'$ |
| Rayon de la plus grande intensité.......... | $15.10 \pm 11$ |
| Rayon externe.......................... | $21.26 \pm 20$ |

» La disposition des couleurs de cette couronne étant la même que celle des couronnes ordinaires et des cercles de diffraction produits par les poussières, il est probable que celle-ci aussi est produite par diffraction.

» Mais la poussière ou brouillard qui la forme doit être plus fine, parce que cet anneau a un diamètre plus grand que celui des couronnes ordinaires; ce brouillard doit être plus haut que le nuage, puisque l'on voit les cirrhi passer au devant.

» C'est au sommet de cette couronne que commence à apparaître la couleur rosée des brillants crépuscules rouges.

Il paraît très probable que ce phénomène a des relations avec les crépuscules extraordinaires, car j'ai commencé à le voir avec ceux-ci; mais il me semble qu'il avait en ces derniers temps une plus grande intensité qu'auparavant, alors que les lueurs crépusculaires avaient leur plus grand éclat; et encore aux jours où cet anneau était le plus brillant, on ne vit pas se produire des crépuscules très brillants.

» M. Tacchini a vu aussi à Rome la couronne autour du Soleil couvert par un nuage; il l'a vue également à l'horizon en forme de pont. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelles observations d'illuminations crépusculaires à l'île Bourbon.* Lettre de M. **Pelagaud** à M. Faye.

« Saint-Paul (île Bourbon), le 14 avril 1884.

« Je prends la liberté de vous envoyer encore quelques renseignements sur la nouvelle phase dans laquelle semblent entrer nos lueurs crépusculaires et qu'on pourrait appeler *phase intermittente*.

» Certains jours elles disparaissent presque entièrement et se bornent à une légère phosphorescence; puis elles reprennent le lendemain avec une nouvelle intensité. Le 4 avril dernier, elles étaient admirables, aussi belles que jamais; le 11 également, mais leur disposition n'est plus la même qu'au début. C'étaient d'abord trois grandes zones tricolores qui occupaient tout l'occident jusqu'au zénith et étaient séparées parfois entre elles par des bandes de ciel bleu, comme trois larges bandeaux colorés. Aujourd'hui, ce sont ordinairement de grandes gloires qui s'élancent en flèches séparées et divergentes jusqu'à 50° ou 60°, comme les rayons d'or autour des têtes des statues de saints dans certaines églises.

» Sept à huit minutes après le coucher du Soleil, une tache lilas pâle, éblouissante, commence à se dessiner à 10° ou 12° au-dessus de l'endroit où il a disparu; son diamètre peut atteindre 15°. A droite et à gauche se dressent deux murailles fuligineuses, comme les fumées d'une grande ville vues par transparence sur l'horizon rouge du couchant. Puis ces murailles s'effacent, la tache lilas disparaît et juste au-dessus d'elle commence à paraître, environ quinze minutes après le coucher du Soleil, un brouillard lumineux, pourpre écarlate, cramoisi, de forme discoïdale, qui va s'élargissant jusqu'à 15° et 20°, accentuant l'intensité de son éclat et d'où s'élancent bientôt de tous côtés presque jusqu'au zénith les grandes flèches dont je vous ai parlé.

» Au moment où les flèches paraissent, les contours inférieurs du disque s'écrasent et prennent la forme d'un arc de cercle reposant sur la ligne droite de l'horizon. Mais tous les contours sont fondus, estompés et n'affectent en aucune façon le tracé net d'un croquis. Parfois, entre les flèches lumineuses, s'élancent des flèches obscures, surtout du côté sud. Tout cela dure un quart d'heure, vingt minutes, puis tout s'éteint graduellement et, vers $6^h 35^m$, $6^h 40^m$, il ne reste plus que la bande jaune de l'horizon, qui ne tarde pas à s'effacer elle aussi.

» Un examen répété de ces illuminations m'a conduit à penser que ce

ne pouvait être autre chose qu'un phénomène électrique. Les grands cyclones qui ont bouleversé tous nos parages et dont je me permets de vous envoyer sous bande deux relations, parues dans le journal *le Créole*, dont le directeur est un capitaine de navire en retraite, les grands cyclones suffisent pour exclure toute hypothèse de particules solides tenues en suspension dans les couches supérieures de l'atmosphère depuis plus de six mois. D'autre part, j'ai vu, une seule fois il est vrai, le brouillard rose du début se propager sur une couche de cirrho-stratus probablement très élevés. Je ne saurais vous dire combien je regrette qu'il n'y ait pas dans l'île une seule boussole qui permette d'observer si ces phénomènes n'exercent pas d'action sur l'aiguille aimantée et je ne comprends pas que M. Meldrum, qui dispose à Maurice d'un observatoire complet, n'ait rien publié à ce sujet; du moins je n'ai rien vu dans les journaux de l'île voisine.

» Ce soir encore, 14 avril, l'illumination crépusculaire a été magnifique. Les longues flèches ou plutôt flammes roses aux contours fondus dépassaient de plusieurs degrés la planète Vénus. Au lieu de s'effacer sur toute leur longueur, elles se sont retirées sous l'horizon, comme si elles suivaient le Soleil, mais avec un mouvement cent fois plus rapide que le sien.

» Le 21 mars dernier, par beau temps, la mer a jeté sur toutes les côtes de l'île une masse considérable de *lapilli* et pierres ponces de toutes grosseurs qui avaient séjourné fort longtemps dans l'eau, à en juger par les cryptogames et les coquilles ([1]) qui les recouvraient; je vous en envoie un échantillon par la poste. On en a vu de la grosseur d'un sac de blé et j'en ai trouvé moi-même un bloc de $0^m,25$ de diamètre. Il n'y a pas de pierres ponces à Bourbon, Maurice ou Madagascar. Ce banc considérable doit donc provenir du détroit de la Sonde. Il aura mis ainsi près de sept mois pour traverser l'océan Indien. »

M. Bouquet de la Grye dépose sur le Bureau, de la part de M. *Grandidier*, des échantillons de pierre ponce qui lui ont été envoyés de Bourbon par M. de Châteauvieux.

Ces pierres sont arrivées en rade de Saint-Paul le 22 mars 1884; elles proviennent certainement de l'éruption du Krakatoa, parce que plusieurs

---

([1]) M. Milne Edwards me fait remarquer que ces coquillages, en tout semblables à ceux qui s'attachent aux flancs des navires, sont des anatifes. (Note de M. Faye.)

capitaines les ont signalées à diverses dates sur la route du détroit de la Sonde.

Le trajet jusqu'à Saint-Paul a été effectué en deux cent six jours avec une vitesse moyenne de $0^{mille}$,6 par heure.

On a ainsi un élément intéressant et certain de la vitesse du courant alizé dans l'océan Indien. Toutefois ce chiffre doit être moindre que celui qui serait accusé par une pierre isolée. Le brisement des lames, au lieu de donner un supplément de vitesse, a servi à arrondir les angles des pierres, et, comme le banc dans son ensemble *éteignait* les lames, les parties antérieures ne pouvaient acquérir une vitesse supérieure.

M. **Daubrée** ajoute l'observation suivante :

« Les ponces du Krakatoa sont extrêmement boursouflées et fortement arrondies par le frottement. La matière amorphe est parsemée de cristaux en partie visibles à l'œil nu. Il y a des cristaux de feldspath triclinique, avec quelques microlithes d'oligoclase, des cristaux de pyroxène, avec la mâcle suivant $g_1$, d'hypersthène, ainsi que des grains de fer oxydulé.

» Une végétation vert jaunâtre marque la ligne de flottaison des plus gros, et des tubes de spirorbes se sont attachés en très grand nombre à leur surface, ainsi que des serpules et quelques anatifes.

» Après un trajet de $5000^{km}$, ces ponces sont venues s'associer aux débris volcaniques de l'île de la Réunion. Ce long transport doit rendre attentif aux conclusions qu'il est légitime de tirer des associations qu'on rencontre souvent dans les anciens dépôts stratifiés, volcaniques et autres.

M. **Favé**, à l'occasion d'une réclamation de priorité adressée par M. *Perreaux* sur l'invention des canons à charge progressive, s'exprime comme il suit :

« Je me fais un devoir d'attester, sur la demande de M. Perreaux, que j'ai eu communication, il y a plus de vingt ans, d'un Mémoire dans lequel il proposait de décomposer la charge de poudre mise dans un fusil ou dans un canon en plusieurs parties séparées et inégales qui recevraient l'inflammation successivement et qui pourraient imprimer au projectile une vitesse initiale beaucoup plus grande que celle des armes en usage. »

M. C. **Decharme** adresse un Mémoire portant pour titre : « Nouvelles expériences d'imitation, par voie hydrodynamique, des effets de polarité dans les anneaux électrochimiques ».

M. D. Tommasi adresse une Note « Sur la chaleur de formation des sulfites ».

M. Chapel appelle l'attention de l'Académie sur les relations que les passages d'essaims d'astéroïdes lui paraissent offrir avec les tremblements de terre, les courants telluriques et les anomalies périodiques de température.

M. V. Zenger transmet à l'Académie le « Résumé de ses observations héliophotographiques comparées aux grands mouvements atmosphériques et séismiques pendant le mois d'avril ».

M. Ath. Boblin adresse une Note intitulée : « Formule générale et monôme de $\pi$, permettant de calculer rapidement cette valeur et pouvant se démontrer en Mathématiques élémentaires ».

M. Otto Pohl communique les expériences qu'il a faites sur le liège « pour prouver le développement spontané de nombreux microbes, même sous l'exclusion de l'air ordinaire ».

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats, pour remplir la place d'Académicien libre laissée vacante par le décès de M. *du Moncel*, présente la liste suivante :

| | |
|---|---|
| *En première ligne* . . . . . . . . . . . . . . | M. Cailletet. |
| *En deuxième ligne, et par ordre alphabétique* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | M. Laussedat.<br>M. E. Tisserand. |
| *En troisième ligne* . . . . . . . . . . . . . | M. Trève. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures un quart. J. B.